Universität Stuttgart

# Modulhandbuch

## Studiengang Master of Science Luft- und Raumfahrttechnik

Prüfungsordnung: 2012

Wintersemester 2014/15
Stand: 30. September 2014

Universität Stuttgart
Keplerstr. 7
70174 Stuttgart

# Kontaktpersonen:

| | |
|---|---|
| Studiendekan/in: | Univ.-Prof. Ewald Krämer<br>Institut für Aerodynamik und Gasdynamik<br>Tel.:<br>E-Mail: ewald.kraemer@iag.uni-stuttgart.de |
| Studiengangsmanager/in: | Michael Reyle<br>Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie<br>Tel.: 0711 - 685 60601<br>E-Mail: michael.reyle@f06.uni-stuttgart.de |
| Prüfungsausschussvorsitzende/r: | Univ.-Prof. Walter Fichter<br>Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie<br>Tel.:<br>E-Mail: walter.fichter@ifr.uni-stuttgart.de |
| Fachstudienberater/in: | Christian Kasper<br>Institut für Luftfahrtantriebe<br>Tel.:<br>E-Mail: christian.kasper@ila.uni-stuttgart.de |
| Stundenplanverantwortliche/r: | Michael Reyle<br>Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie<br>Tel.: 0711 - 685 60601<br>E-Mail: michael.reyle@f06.uni-stuttgart.de |

# Inhaltsverzeichnis

**Qualifikationsziele ..... 12**

**19 Auflagenmodule des Masters ..... 13**

12120 Grundlagen der Thermodynamik 1 für LRT ..... 14
21410 Luftfahrttechnik und Luftfahrtantriebe ..... 16
56870 Raumfahrt II ..... 19
12130 Strömungslehre I ..... 20

**100 Pflichtmodule ..... 22**

43970 Aerodynamik und Flugzeugentwurf I ..... 23
40010 Analytische und Numerische Methoden in der LRT ..... 25
43980 Luftfahrttriebwerke und Verbrennung ..... 27
80640 Masterarbeit Luft- und Raumfahrttechnik ..... 29
44000 Nachhaltige Energie- und Verkehrssysteme ..... 31
43990 Raumfahrttechnik I ..... 32
43960 Regelung, Navigation und Systementwurf ..... 33
40650 Strukturdynamik ..... 35

**200 Wahlpflichtmodule ..... 37**

220 Ergänzungsmodule ..... 38
44010 Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt ..... 42
57000 Aerobotics Seminar ..... 43
44020 Aerodynamik und Flugzeugentwurf II ..... 45
49600 Aeroelastizität I ..... 47
49590 Aeroelastizität I+II ..... 49
44040 Analyse tropfendynamischer Prozesse ..... 52
44050 Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme ..... 54
44070 Analytische Methoden ..... 56
44080 Angewandte Luftfahrtsysteme ..... 58
44090 Angewandte Luftfahrtsysteme I ..... 60
44100 Angewandte Luftfahrtsysteme II ..... 62
44110 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle ..... 64
44120 Art of Science of Systems Architecting ..... 66
44130 Astronautik ..... 68
56080 Ausgewählte Praktika in der Raumfahrt ..... 70
44140 Autoflight und Air Traffic Management ..... 72
44150 Bahnmechanik für Raumfahrzeuge ..... 74
57980 Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie ..... 76
44170 CFD-Programmierseminar ..... 78
44180 Chemische Raumfahrtantriebe I ..... 80
44190 Chemische Raumfahrtantriebe: ausgewählte Kapitel ..... 82
44200 Composites modelling ..... 84
44210 Deformationsanalyse ..... 86
44220 Differenzenverfahren hoher Genauigkeit ..... 88
44230 Digitale Bildverarbeitung ..... 90
44240 Digitale Strömungsvisualisierung ..... 92
44250 Digitaler Produktentwurf ..... 94
44260 Dimensionsanalyse ..... 96
44270 Discontinuous-Galerkin-Verfahren ..... 98
44280 Effizient programmieren ..... 100
44290 Effiziente Energiewandlung ..... 102
44320 Ein- und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie ..... 104

57170 Einführung in die Finite Elemente Methode ... 106
44300 Einführung in die Hubschraubertechnik ... 108
44310 Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie ... 110
48680 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua ... 112
44330 Elastische/inelastische Lichtstreuung ... 114
44340 Elektrische Raumfahrtantriebe ... 116
44350 Energiesysteme für die Raumfahrt ... 118
36370 Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen ... 120
49020 Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern ... 121
44380 Experimentelle Simulation des Wiedereintritts ... 123
44390 Faserverbundseminar ... 125
44400 Fernerkundung ... 127
44410 Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken ... 129
49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II) ... 131
49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III) ... 133
44420 Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld ... 135
44430 Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern ... 137
44440 Flugmesstechnik ... 139
40840 Flugregelung ... 141
44450 Flugregelungssysteme ... 143
44460 Flugzeugentwurf II ... 145
44470 Flugzeugentwurfsseminar ... 147
44480 Geometrische Überwachung: Messung und Analyse ... 149
44490 Geschwindigkeitsgrenzschichten ... 151
44500 Grenzschichtdynamik und -kontrolle ... 153
44510 Grundlagen der Turbulenzmodellierung ... 155
44520 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt ... 157
51620 Hochtemperatur-Messtechnik ... 159
44530 Hubschrauber-Aeromechanik ... 161
44540 Hubschraubertechnik ... 162
57010 Human Factors Engineering in Flight Deck Design ... 164
44550 Hyperschallströmung und -flug ... 166
46510 Industrielle Aerodynamik ... 168
44570 Industrielle Messtechnik ... 169
57190 Inertialnavigation ... 171
44580 Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme ... 172
45230 Integrierte Modulare Avionik ... 174
44060 Integrierte Modulare Avionik und Entwicklungsprozess ... 176
44600 Kinetische Gastheorie ... 178
44610 Kleinsatellitenentwurf ... 180
44620 Komplexe Avioniksysteme I ... 182
44630 Komplexe Avioniksysteme II ... 184
44640 Kompressible Strömungen I + II ... 186
44650 Konstruieren mit Keramik ... 188
44660 Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren ... 190
44670 Konstruktion von Flugtriebwerken ... 192
44680 Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen ... 194
44690 Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen ... 196
44700 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt ... 198
44710 Laminar-turbulente Transition ... 200
44720 Lastannahmen ... 202
44730 Leichtbau I ... 204
44740 Leichtbau I, II ... 206
44750 Leichtbau II ... 208
44760 Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren ... 209
44770 Leichtbauseminar ... 211
48690 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke ... 213
44780 Lenkverfahren ... 215

44790 Lineare Schätzverfahren ..... 217
44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen ..... 219
50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I ..... 221
44810 Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen ..... 223
44820 Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik ..... 224
44830 Mechanische Systeme ..... 226
44840 Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation ..... 228
48380 Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik ..... 231
44850 Messverfahren des Wärmetransports ..... 233
45180 Methoden der Sicherheitsanalyse ..... 235
44590 Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse ..... 237
49620 Modellbildung für Finite Elemente I ..... 238
49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II ..... 240
44860 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen ..... 242
51970 Moderne Methoden der Regelungstechnik ..... 244
49660 Nichtlineare Finite Elemente ..... 246
37090 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung ..... 248
44880 Nichtlineare Optimierung ..... 251
44890 Nichtlineare und digitale Regelung ..... 253
44910 Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen ..... 255
44920 Numerische Strömungsmechanik ..... 257
44930 Numerische Strömungssimulation ..... 259
44940 Numerische Verbrennungssimulation ..... 261
45680 Optimale Tragwerksauslegung ..... 263
44950 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik ..... 266
44960 Optimierung und Optimalsteuerung ..... 268
44980 Plasmatechnik ..... 270
44990 Profilentwurf ..... 272
45000 Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren ..... 274
45010 Rapid Prototyping ..... 276
45020 Raumfahrtinstrumente ..... 278
45030 Raumfahrttechnik II ..... 280
45040 Raumsonden ..... 282
57180 Regelung und Systementwurf ..... 284
45050 Regelung von Gasturbinen ..... 286
45060 Reibungsbehaftete Hyperschallströmung ..... 288
45070 Reibungsfreie Hyperschallströmung ..... 290
45090 Robuste Regelung ..... 292
45100 Satellitenbetrieb ..... 294
45110 Satelliteninstrumente ..... 296
45120 Satellitennavigation ..... 298
45130 Satellitenregelung ..... 300
56290 Schaufelkühlungsauslegung ..... 302
45140 Schätzverfahren ..... 304
45150 Schätzverfahren und Flugmesstechnik ..... 306
49670 Seminar Angewandte Finite Elemente ..... 308
45160 Seminar Entwurfssprachen ..... 310
45170 Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen ..... 312
45190 Softwaretechnik ..... 314
45200 Sonderkreisläufe und Gasturbinenprozesse ..... 316
44360 Spezielle Methoden der Systemtechnik ..... 318
49580 Statik III ..... 320
49030 Staustrahl- und Kombinationsantriebe ..... 322
48710 Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung ..... 324
57160 Strukturdynamik ..... 326
45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D ..... 329
45210 Strömungsmesstechnik ..... 332
45220 Strömungsmesstechnik und Visualisierung ..... 334

45260 Systemsimulation in der Satellitenentwicklung ..... 336
45270 Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV) ..... 337
49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden ..... 339
45280 Thermodynamik der Gemische ..... 341
45290 Tragflügelaerodynamik ..... 343
45300 Tragwerksoptimierung ..... 345
45310 Turbomachinery ..... 347
45320 Turbulenz ..... 349
45330 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt ..... 351
43070 Verkehrstelematik ..... 353
45340 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen ..... 355
45370 Weltraumqualifikation ..... 357
45380 Werkstoffe für Turbomaschinen ..... 359
45390 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt ..... 361
45450 Werkstoffe und Verfahren für Antriebe der Luft- und Raumfahrt ..... 363
45400 Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe ..... 365
45410 Wiedereintrittstechnologie ..... 367
44030 Wind Turbine Noise ..... 369
12420 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie ..... 371
29150 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks ..... 373
30880 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen ..... 375
30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt ..... 377
45420 Windenergie 5 - Windenergie-Labor ..... 379
45430 Wissensverarbeitung und Softcomputing ..... 381
48720 Wärmetransportprozesse ..... 383
45350 Wärmeübertragung in Turbomaschinen ..... 385
45360 Wärmeübertragungsintensivierung ..... 387
210 Spezialisierungsrichtungen ..... 389
217 Antriebs- und Energiesysteme in der LRT ..... 390
2171 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung ..... 391
44290 Effiziente Energiewandlung ..... 392
2172 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung ..... 394
44110 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle ..... 395
57980 Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie ..... 397
44410 Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken ..... 399
44520 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt ..... 401
44640 Kompressible Strömungen I + II ..... 403
44670 Konstruktion von Flugtriebwerken ..... 405
48690 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke ..... 407
44850 Messverfahren des Wärmetransports ..... 409
44990 Profilentwurf ..... 411
45050 Regelung von Gasturbinen ..... 413
56290 Schaufelkühlungsauslegung ..... 415
45170 Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen ..... 417
45200 Sonderkreisläufe und Gasturbinenprozesse ..... 419
49030 Staustrahl- und Kombinationsantriebe ..... 421
45310 Turbomachinery ..... 423
45330 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt ..... 425
45340 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen ..... 427
45380 Werkstoffe für Turbomaschinen ..... 429
44030 Wind Turbine Noise ..... 431
29150 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks ..... 433
30880 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen ..... 435
30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt ..... 437
45420 Windenergie 5 - Windenergie-Labor ..... 439
48720 Wärmetransportprozesse ..... 441
45350 Wärmeübertragung in Turbomaschinen ..... 443

45360 Wärmeübertragungsintensivierung ... 445
216 Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen ... 447
57170 Einführung in die Finite Elemente Methode ... 448
2161 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung ... 450
57160 Strukturdynamik ... 451
2162 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung ... 454
44020 Aerodynamik und Flugzeugentwurf II ... 455
44080 Angewandte Luftfahrtsysteme ... 457
44090 Angewandte Luftfahrtsysteme I ... 459
44100 Angewandte Luftfahrtsysteme II ... 461
44130 Astronautik ... 463
44250 Digitaler Produktentwurf ... 465
44300 Einführung in die Hubschraubertechnik ... 467
48680 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua ... 469
44420 Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld ... 471
44460 Flugzeugentwurf II ... 473
44470 Flugzeugentwurfsseminar ... 475
44530 Hubschrauber-Aeromechanik ... 477
44540 Hubschraubertechnik ... 478
46510 Industrielle Aerodynamik ... 480
44610 Kleinsatellitenentwurf ... 481
44680 Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen ... 483
44720 Lastannahmen ... 485
44730 Leichtbau I ... 487
44740 Leichtbau I, II ... 489
44770 Leichtbauseminar ... 491
49620 Modellbildung für Finite Elemente I ... 493
49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II ... 495
45680 Optimale Tragwerksauslegung ... 497
44990 Profilentwurf ... 500
49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden ... 502
45290 Tragflügelaerodynamik ... 504
45300 Tragwerksoptimierung ... 506
45390 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt ... 508
12420 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie ... 510
29150 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks ... 512
30880 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen ... 514
212 Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT ... 516
57170 Einführung in die Finite Elemente Methode ... 517
2121 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung ... 519
2122 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung ... 520
49600 Aeroelastizität I ... 521
49590 Aeroelastizität I+II ... 523
44040 Analyse tropfendynamischer Prozesse ... 526
44110 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle ... 528
44170 CFD-Programmierseminar ... 530
44210 Deformationsanalyse ... 532
44220 Differenzenverfahren hoher Genauigkeit ... 534
44240 Digitale Strömungsvisualisierung ... 536
44270 Discontinuous-Galerkin-Verfahren ... 538
44320 Ein- und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie ... 540
49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II) ... 542
49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III) ... 544
44480 Geometrische Überwachung: Messung und Analyse ... 546
51620 Hochtemperatur-Messtechnik ... 548
44570 Industrielle Messtechnik ... 550
44660 Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren ... 552
44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen ... 554

50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I ... 556
44840 Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation ... 558
48380 Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik ... 561
44850 Messverfahren des Wärmetransports ... 563
49620 Modellbildung für Finite Elemente I ... 565
49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II ... 567
49660 Nichtlineare Finite Elemente ... 569
37090 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung ... 571
44910 Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen ... 574
44920 Numerische Strömungsmechanik ... 576
44930 Numerische Strömungssimulation ... 578
44940 Numerische Verbrennungssimulation ... 580
45680 Optimale Tragwerksauslegung ... 582
45000 Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren ... 585
49670 Seminar Angewandte Finite Elemente ... 587
49580 Statik III ... 589
45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D ... 591
45210 Strömungsmesstechnik ... 594
45220 Strömungsmesstechnik und Visualisierung ... 596
49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden ... 598
45300 Tragwerksoptimierung ... 600
45320 Turbulenz ... 602
45340 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen ... 604
215 Flugführung und Systemtechnik in der LRT ... 606
40840 Flugregelung ... 607
57190 Inertialnavigation ... 609
2151 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung ... 610
44450 Flugregelungssysteme ... 611
57180 Regelung und Systementwurf ... 613
57160 Strukturdynamik ... 615
2152 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung ... 618
44080 Angewandte Luftfahrtsysteme ... 619
44090 Angewandte Luftfahrtsysteme I ... 621
44100 Angewandte Luftfahrtsysteme II ... 623
44140 Autoflight und Air Traffic Management ... 625
36370 Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen ... 627
44430 Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern ... 628
44440 Flugmesstechnik ... 630
57010 Human Factors Engineering in Flight Deck Design ... 632
45230 Integrierte Modulare Avionik ... 634
44060 Integrierte Modulare Avionik und Entwicklungsprozess ... 636
44620 Komplexe Avioniksysteme I ... 638
44630 Komplexe Avioniksysteme II ... 640
44780 Lenkverfahren ... 642
44830 Mechanische Systeme ... 644
45180 Methoden der Sicherheitsanalyse ... 646
44590 Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse ... 648
44880 Nichtlineare Optimierung ... 649
44950 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik ... 651
44960 Optimierung und Optimalsteuerung ... 653
45050 Regelung von Gasturbinen ... 655
45120 Satellitennavigation ... 657
45140 Schätzverfahren ... 659
45150 Schätzverfahren und Flugmesstechnik ... 661
44360 Spezielle Methoden der Systemtechnik ... 663
213 Informationstechnik in der LRT ... 665
2131 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung ... 666
2132 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung ... 667

44120 Art of Science of Systems Architecting ..... 668
44230 Digitale Bildverarbeitung ..... 670
44250 Digitaler Produktentwurf ..... 672
44280 Effizient programmieren ..... 674
44690 Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen ..... 676
44700 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt ..... 678
44790 Lineare Schätzverfahren ..... 680
51970 Moderne Methoden der Regelungstechnik ..... 682
44880 Nichtlineare Optimierung ..... 684
44890 Nichtlineare und digitale Regelung ..... 686
44950 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik ..... 688
45090 Robuste Regelung ..... 690
45160 Seminar Entwurfssprachen ..... 692
45190 Softwaretechnik ..... 694
43070 Verkehrstelematik ..... 696
45430 Wissensverarbeitung und Softcomputing ..... 698
214 Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT ..... 700
57170 Einführung in die Finite Elemente Methode ..... 701
2141 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung ..... 703
44760 Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren ..... 704
57160 Strukturdynamik ..... 706
2142 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung ..... 709
39460 Carbon Composites Trainee-Programm ..... 710
44200 Composites modelling ..... 712
48680 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua ..... 714
49020 Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern ..... 716
44390 Faserverbundseminar ..... 718
44650 Konstruieren mit Keramik ..... 720
44730 Leichtbau I ..... 722
44750 Leichtbau II ..... 724
44770 Leichtbauseminar ..... 725
44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen ..... 727
50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I ..... 729
44810 Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen ..... 731
45680 Optimale Tragwerksauslegung ..... 732
45010 Rapid Prototyping ..... 735
45270 Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV) ..... 737
49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden ..... 739
45300 Tragwerksoptimierung ..... 741
45390 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt ..... 743
45450 Werkstoffe und Verfahren für Antriebe der Luft- und Raumfahrt ..... 745
45400 Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe ..... 747
211 Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT ..... 749
57170 Einführung in die Finite Elemente Methode ..... 750
2111 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung ..... 752
2112 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung ..... 753
44010 Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt ..... 754
49600 Aeroelastizität I ..... 755
49590 Aeroelastizität I+II ..... 757
44050 Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme ..... 760
44070 Analytische Methoden ..... 762
44260 Dimensionsanalyse ..... 764
44310 Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie ..... 766
48680 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua ..... 768
44330 Elastische/inelastische Lichtstreuung ..... 770
49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II) ..... 772
49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III) ..... 774

44490 Geschwindigkeitsgrenzschichten ... 776
44500 Grenzschichtdynamik und -kontrolle ... 778
44510 Grundlagen der Turbulenzmodellierung ... 780
44520 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt ... 782
44550 Hyperschallströmung und -flug ... 784
44580 Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme ... 786
44600 Kinetische Gastheorie ... 788
44640 Kompressible Strömungen I + II ... 790
44710 Laminar-turbulente Transition ... 792
48690 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke ... 794
44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen ... 796
50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I ... 798
44820 Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik ... 800
44860 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen ... 802
49660 Nichtlineare Finite Elemente ... 804
37090 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung ... 806
45060 Reibungsbehaftete Hyperschallströmung ... 809
45070 Reibungsfreie Hyperschallströmung ... 811
49670 Seminar Angewandte Finite Elemente ... 813
49580 Statik III ... 815
45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D ... 817
49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden ... 820
45280 Thermodynamik der Gemische ... 822
45320 Turbulenz ... 824
45330 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt ... 826
218 Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung ... 828
2181 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung ... 829
57160 Strukturdynamik ... 830
2182 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung ... 833
44130 Astronautik ... 834
56080 Ausgewählte Praktika in der Raumfahrt ... 836
44150 Bahnmechanik für Raumfahrzeuge ... 838
44180 Chemische Raumfahrtantriebe I ... 840
44190 Chemische Raumfahrtantriebe: ausgewählte Kapitel ... 842
44340 Elektrische Raumfahrtantriebe ... 844
44350 Energiesysteme für die Raumfahrt ... 846
44380 Experimentelle Simulation des Wiedereintritts ... 848
44400 Fernerkundung ... 850
44600 Kinetische Gastheorie ... 852
44610 Kleinsatellitenentwurf ... 854
44700 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt ... 856
44830 Mechanische Systeme ... 858
44860 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen ... 860
44980 Plasmatechnik ... 862
57690 Raketentreibstoffe ... 864
45020 Raumfahrtinstrumente ... 866
45030 Raumfahrttechnik II ... 868
45040 Raumsonden ... 870
45100 Satellitenbetrieb ... 872
45110 Satelliteninstrumente ... 874
45120 Satellitennavigation ... 876
45130 Satellitenregelung ... 878
45260 Systemsimulation in der Satellitenentwicklung ... 880
45370 Weltraumqualifikation ... 881
48700 Weltraumstrahlung ... 883
45410 Wiedereintrittstechnologie ... 885

**600 Fachaffine Schlüsselqualifikationen ..... 887**

45460 Astronomie für Raumfahrt-Ingenieure ..... 888
45470 CFD Anwendungsseminar ..... 889
36550 Chemistry of the Atmosphere ..... 891
58170 Einführung in die Erdbeobachtung und Förderprogramme in der Raumfahrt ..... 893
36060 Flugmedizin für Ingenieure ..... 895
39160 Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre ..... 897
40390 Hubschrauberseminar ..... 899
45480 Projektarbeit ..... 900
39840 Projektmanagement und System Engineering ..... 902
41460 Projektseminar: Konstruktion - Luftfahrtantriebe ..... 903
39910 Projektseminar: Simulationstechnik - Statik ..... 904
51630 Umweltaerodynamik ..... 906
48050 Zerstörungsfreie Prüfung ..... 908

**80640 Masterarbeit Luft- und Raumfahrttechnik ..... 910**

# Qualifikationsziele

Die Absolventinnen und Absolventen des Masterstudienganges "Luft- und Raumfahrttechnik"

- verfügen über ein vertieftes mathematisches, physikalisches, natur- und ingenieurwissenschaftliches Wissen, das sie befähigt, neue wissenschaftlich-technische Probleme und Aufgabenstellungen der Luft- und Raumfahrttechnik zu verstehen und kritisch einzuschätzen sowie dieses Wissen auf multidisziplinäre Fragestellungen der Ingenieurwissenschaften anzuwenden,
- verfügen über ein vertieftes Fachwissen auf dem Gebiet der Luft- und Raumfahrttechnik und können anspruchsvolle Aufgabenstellungen der Luft- und Raumfahrttechnik erkennen, beschreiben sowie analysieren, lösen und bewerten,
- haben vertieftes Verständnis über fortschrittliche Entwicklungsmethoden und Entwicklungsverfahren in der Luft- und Raumfahrttechnik und ihre Anwendungsmöglichkeiten,
- verfügen über die Fertigkeit, Konzepte und Lösungen für neue ingenieurwissenschaftliche Prozesse, technische Maschinen und Geräte sowie Berechnungsprogramme zu erarbeiten und auf andere Bereiche zu übertragen,
- haben vertieftes Wissen über analytische und experimentelle Untersuchungsmethoden in der Luft- und Raumfahrttechnik und verfügen über die Fertigkeit, analytische und experimentelle Untersuchungen zu planen und durchzuführen, die Daten zu interpretieren und daraus Schlüsse zu ziehen,
- besitzen vertieftes Verständnis für in verschiedenen Arbeitsfeldern anwendbare ingenieurwissenschaftliche Prozesse und Ausrüstungen sowie für deren Grenzen und können ihr Wissen unter Berücksichtigung prozesstechnischer, energetischer, wirtschaftlicher, ökologischer, gesellschaftlicher und sicherheitstechnischer Erfordernisse verantwortungsbewusst anwenden,
- verfügen über eine verantwortliche und selbständige ingenieurwissenschaftliche Arbeitsweise und haben gelernt, Aufgaben in arbeitsteilig organisierten Teams zu übernehmen, selbstständig zu bearbeiten, die Ergebnisse anderer aufzunehmen und die eigenen Ergebnisse in sachlicher Argumentation verständlich und ergebnisorientiert zu präsentieren,
- besitzen ein grundlegendes Verständnis von Rollenverhalten und gruppendynamischen Prozessen in Projektteams und können mit Spezialisten verschiedener fachaffiner Disziplinen kommunizieren und zusammenarbeiten.

Das Studium der Luft- und Raumfahrttechnik wird als konsekutiver B.Sc./M.Sc.-Studiengang angeboten.
Das Curriculum des 4-semestrigen Masterstudiums sieht in der Eingangsphase eine Vertiefung der ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen der Luft- und Raumfahrttechnik vor. Im 2. Und 3. Semester liegt der Schwerpunkt auf zwei thematischen Spezialisierungsrichtungen, die aus insgesamt acht anwendungs- und methodenorientierten Spezialisierungsrichtungen ausgewählt werden. Zusätzliche Inhalte sind aus dem Katalog der Spezialisierungsrichtungen zu wählende Ergänzungsmodule sowie optional fachaffine Schlüsselqualifikationen. Mit der Masterarbeit im 4. Semester ist die Befähigung nachzuweisen, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine komplexe Aufgabenstellung aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrt selbständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten und zu lösen. Der Masterstudiengang ist zugleich ein auf die Promotion vorbereitendes wissenschaftliches Studium für besonders qualifizierte Studierende.

Das Masterstudium soll die Fähigkeit vermitteln, die wissenschaftlichen Methoden der Luft- und Raumfahrttechnik anzuwenden, sie in ausgewählten Bereichen weiterzuentwickeln und im Hinblick auf die Auswirkungen des technologischen Wandels verantwortlich zu handeln. Das Berufsfeld der Absolventinnen und Absolventen ist dabei nicht nur auf die Entwicklung neuer Technologien in der Luft- und Raumfahrttechnik beschränkt, sondern umfasst auch viele andere Berufszweige, die an der Entwicklung von Hochtechnologie-Erzeugnissen maßgeblich beteiligt sind. Einsatzmöglichkeiten ergeben sich bspw. auch in Unternehmen der Kraftfahrzeugindustrie, Energietechnik und Energieversorgung, des allgemeinen Maschinenbaus, in Ingenieurbüros, Planungsgesellschaften, Forschungseinrichtungen und staatlichen Institutionen.

# 19 Auflagenmodule des Masters

Zugeordnete Module:
12120 Grundlagen der Thermodynamik 1 für LRT
12130 Strömungslehre I
21410 Luftfahrttechnik und Luftfahrtantriebe
56870 Raumfahrt II

# Modul: 12120 Grundlagen der Thermodynamik 1 für LRT

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700009 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Bernhard Weigand |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Auflagenmodule des Masters<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Auflagenmodule des Masters |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | HM I-II |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die Grundlagen der phänomenologischen Thermodynamik und die Hauptsätze der Thermodynamik,<br>• können an ausgewählten Beispielen die Grundlagen auf luft- und raumfahrttypische Prozesse anwenden und die Ergebnisse bewerten,<br>• sind in der Lage das Wissen sowohl für allgemeine Stoffe, als auch für den Spezialfall des idealen Gases anzuwenden. |
| 13. Inhalt: | • Aufgabe der Thermodynamik und historische Entwicklung<br>• Erster Hauptsatz der Thermodynamik (offene, geschlossene, bewegte Systeme)<br>• Thermische und kalorische Zustandsgleichungen für reale Stoffe und ideale Gase<br>• Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik (Perpetuum mobile, Clausiussche Aussage, Gleichgewicht, Entropie für beliebige Stoffe)<br>• Phasenänderungsprozesse (Verdampfung, Kondensation)<br>• Dritter Hauptsatz der Thermodynamik<br>• Grundlagen der Kreisprozesse<br>• Gasgemische (Gemische idealer Gase, Gemische mit realen Eigenschaften: feuchte Luft) |
| 14. Literatur: | B. Weigand, J. Köhler, J. von Wolfersdorf: Thermodynamik kompakt, 3. Auflage, Springer, 2013<br>B. Weigand, J. Köhler, J. von Wolfersdorf: Thermodynamik kompakt - Formeln und Aufgaben, Springer, 2013 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 121201 Vorlesung Thermodynamik LRT<br>• 121202 Übung Thermodynamik LRT |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Thermodynamik I, Vorlesung: 105 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 63 h)<br>Thermodynamik I, Übungen: 63 h (Präsenzzeit 21 h, Selbststudium 42 h)<br>Thermodynamik I, Seminar (freiwillig): 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Gesamt: 168 h (Präsenzzeit 63 h, Selbststudium 105 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 12121 Grundlagen der Thermodynamik 1 für LRT (LBP), schriftlich, eventuell mündlich, 150 Min., Gewichtung: 1.0, Studienleistung: Studienbegleitende Tests |
| 18. Grundlage für ... : | |

| | |
|---|---|
| 19. Medienform: | Klassische Form der Stoffvermittlung in der Vorlesung. Der Vorlesungsstoff wird in Übungen vertieft. Zur Erfolgskontrolle dienen studienbegleitende Tests. |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 21410 Luftfahrttechnik und Luftfahrtantriebe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400003 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | - |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | • Rudolf Voit-Nitschmann<br>• Stephan Staudacher |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009, 4. Semester<br>→ Ergänzungsmodule<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 4. Semester<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 4. Semester<br>→ Auflagenmodule des Masters<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 4. Semester<br>→ Auflagenmodule des Masters |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | - |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>- kennen wichtige Grundlagen der Geschichte des Luftfahrzeugbaus<br>- sind in der Lage die Grundlagen des Konstruierens und der Luftfahrzeugsysteme zu beschreiben<br>- kennen die wichtigsten Strukturkomponenten und Bauweisen in der Luft- und Raumfahrt<br>- beherrschen die Definition der Begriffe Sicherheit, Kosten und Leistung<br>- kennen die Schichtung des Atmosphäre und deren Bedeutung für den Betrieb von Luftfahrzeugen<br>- sind in der Lage stationäre Flugzustände, Flugleistungen sowie Auftrieb und Widerstand zu bestimmen<br>- verstehen die Grundlagen von Stabilität und Steuerbarkeit<br>- sind in der Lage die Grundlagen der Windenergie zu beschreiben<br>Die Studierenden verstehen das Fliegen als ein energetisches Problem und sind in der Lage die historische Entwicklung der Luftfahrtantriebe vor diesem Hintergrund zu beurteilen<br><br>Den Studierenden kennen die wichtigsten Konzepte für luftatmende Antriebe und können diese kategorisieren<br>Die Studierenden sind in der Lage den Gesamtwirkungsgrad der einzelnen Antriebsarten in sinnvolle Wirkungsgradkategorien zu unterteilen<br>Die Studierenden verstehen die Vor- und Nachteile von Einstrom- und Nebenstromtriebwerken, sowie von Triebwerken mit sehr hohen Nebenstromverhältnissen (Ultra High Bypass Ratio Konzepte)<br>Die Studierenden kennen die aktuell diskutierten Antriebskonzepte für die nahe und mittelfristige Zukunft<br>Die Studierenden kennen den grundsätzlichen mechanischen Aufbau moderner Turboflugtriebwerke<br>Die Studierenden sind in der Lage Zyklusrechnungen mit halbidealem Gas durchzuführen<br>Die Studierenden verstehen die Wirkungsweise von Verdichtern und Turbinen als auch deren Unterschiede<br>Die Studierenden können Mittelschnittsrechnungen von Verdichtern und Turbinen durchführen |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Luftfahrttechnik<br>Nach einer Einleitung über die Geschichte der Luftfahrt werden folgende Themen behandelt:<br>- Grundlagen des Konstruierens<br>- das System Flugzeug<br>- Strukturkomponenten und Bauweisen in der Luft- und Raumfahrt<br>- Sicherheit, Kosten, Leistung<br>- die Schichtung der Atmosphäre<br>- aerodynamische und flugmechanische Grundlagen<br>- Flugzustände und Flugleistungen<br>- Bestimmung von Auftrieb und Widerstand<br>- Stabilität und Steuerbarkeit<br>Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen<br>Historische Entwicklung Luftfahrtantriebe Vortriebs-, Transfer-, Gesamtwirkungsgrad<br>Optimierung des idealen und des realen Kreisprozesses Nebenstromtriebwerk und dessen Optimierung Moderne Antriebssysteme Wirkungsweise von Verdichtern und Turbinen<br>Geschwindigkeitsdreiecke und Ts-Diagramme<br>Eulersche Turbomaschinengleichung Turbomaschinenkennfelder<br>Spezielle Fragestellungen zur Beschreibung von Düsen<br>Im freiwilligen Tutorium werden die Inhalte der Vorlesung ``Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen´´ mit der Unterstützung von Tutoren im Selbststudium vertieft.<br>Hierzu werden ausgewählte Übungsaufgaben zur Verfügung gestellt und selbstständig bearbeitet. Die Tutoren stehen für etwaige Rückfragen zur Verfügung. |
| 14. Literatur: | Luftfahrttechnik: Skript, Foliensatz, Übungsaufgaben.<br>Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen: Skriptum, Foliensatz, Übungsaufgaben mit Musterlösungen, praktischer Versuch zur Wirkungsweise von Turbomaschinen. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 214101 Vorlesung Luftfahrttechnik<br>• 214102 Übung Luftfahrttechnik<br>• 214103 Übung Luftfahrttechnik<br>• 214104 Vorlesung Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen<br>• 214105 Übung Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen<br>• 214106 Tutorium Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180h (56h Präsenzzeit, 124h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 21411 Luftfahrttechnik (PL), schriftlich, eventuell mündlich, 120 Min., Gewichtung: 1.0, Fragenteil: 30 min, ohne HilfsmittelAufgabenteil: 90 min, alle Hilfsmittel, außer Laptop und Handy<br>• 21412 Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen (PL), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0, Fragenteil 45 min, ohne HilfsmittelRechenteil 75 min, zugel. Hilfsmittel: ILAFormelsammlung und Taschenrechner (auch programmierbar) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Luftfahrttechnik: PowerPoint, Tafel, Kurzvideos, Live Tutorials.<br>Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen: Tafel, Beamer (Power Point und Filme), Experiment. |

20. Angeboten von:

# Modul: 56870 Raumfahrt II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500032 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Auflagenmodule des Masters |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Raumtransportsysteme (Träger, Satelliten, Eintrittsfahrzeuge), besitzen Grundkenntnisse über die Vorgänge in thermischen Raketen und können die Expansionsströmung in diesen vereinfacht berechnen.<br><br>Die Studierenden haben einen Überblick über die Anforderungen der Lage- und Bahnregelung an die Antriebssysteme. Sie kennen die Wirkungsweise der wichtigsten Satelliten-Nutzlastinstrumente und die besonderen Anforderungen an die Instrumentierung von Satelliten für die verschiedenen Zweige der Raumfahrt. |
| 13. Inhalt: | Raumfahrt II<br><br>Antriebssysteme für die Raumfahrt, Orbitalsysteme (Satelliten und Raumstationen), Anforderungen Lage- und Bahnregelung an Antriebssysteme, Sensoren zum Einsatz im Weltraum, elektrische Raumfahrtantriebe. |
| 14. Literatur: | Skripte / Übungsblätter, Vortragsfolien im Internet.<br><br>Lehrbuch:<br><br>Messerschmid, E., Fasoulas, S., „Raumfahrtsysteme - Eine Einführung<br><br>mit Übungen und Lösungen", ISBN 978-3-642-12817-2, 4. Auflage,<br><br>Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 568701 Vorlesung Raumfahrt II<br>• 568702 Übung Raumfahrt II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (42h Präsenzzeit, 48h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 56871 Raumfahrt II (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 12130 Strömungslehre I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060100009 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Ewald Krämer |
| 9. Dozenten: | Ewald Krämer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009, 4. Semester<br>→ Kernmodule<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 4. Semester<br>→ Kernmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 4. Semester<br>→ Auflagenmodule des Masters<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 4. Semester<br>→ Auflagenmodule des Masters |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | HM I-III, Physik und Elektronik für LRT |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die relevanten physikalischen Größen, die die Eigenschaften, Strömungszustände und Zustandsänderungen von Fluiden beschreiben<br>• können die fundamentalen Zusammenhänge und Abhängigkeiten dieser phys. Größen für einfache Strömungsvorgänge, sowie strömungsphänomenologische Besonderheiten inkompressibler Strömungen erkennen und beschreiben<br>• kennen die drei fundamentalen Erhaltungsgleichungen der Strömungsmechanik und deren Gültigkeitsbereiche sowie die zugrunde liegenden physikalischen Prinzipien<br>• kennen die aus den allg. Gleichungen für Massen- und Impulserhaltung abgeleiteten Näherungsbeziehungen und die Annahmen, die zur den jeweiligen Vereinfachungen geführt haben<br>• sind in der Lage, einfache inkompressible Strömungsprobleme zu berechnen, indem sie abschätzen, welche Näherungen/Annahmen getroffen werden können, die passenden Gleichungen auswählen und diese auf das Strömungsproblem anwenden.<br>• sind in der Lage, dank des erworbenen physikalischen Verständnisses, Ergebnisse kritisch zu hinterfragen und auf Plausibilität zu überprüfen. |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die Strömungslehre: Grundbegriffe, Definitionen, Eigenschaften von Fluiden, Zustandsgrößen und Zustands-änderungen, math. Grundlagen<br>• Hydrostatik und Aerostatik<br>• Grundlagen der Fluiddynamik: Eulersche und Lagrangesche Betrachtungsweise, substantielle Ableitung, Darstellungsformen<br>• Herleitung der Erhaltungssätze für Masse und Impuls: Integrale und differentielle Form, Stromfaden und Stromröhre, Reynoldssches Transporttheorem<br>• Anwendung der Erhaltungssätze für inkompressible Fluide an konkreten Beispielen<br>• Impulssatz für reibungsfreie Strömung: Herleitung der Eulergleichungen, Herleitung und Anwendung der Bernoulligleichung |

| | |
|---|---|
| | • Impulssatz für reibungsbehaftete Strömungen: Herleitung der Navier-Stokes-Gleichungen, Lösungen für lineare Fälle, Ahnlichkeitstheorie, Grenzschichtgleichungen, laminare Plattengrenzschicht<br>• Turbulente Strömungen: Umschlag laminar / turbulent, Herleitung der Reynoldsgleichungen, mittlere Geschwindigkeitsverteilung in Wandnähe, turbulente Plattengrenzschicht<br>• Rohrströmung mit Verlusten<br>• Strömungsablösung<br>• Technische Anwendungen: Diffusor, Düse, Krümmer |
| 14. Literatur: | • Anderson, J.D.: Fundamentals of Aerodynamics, McGraw-Hill, 2001<br>• Krause, E.: Strömungslehre, Gasdynamik und Aerodynamisches Labor, Teubner, 2003<br>• Kuhlmann, H.: Strömungsmechanik, Pearson Studium, 2007<br>• White, F.M.: Fluid Mechanics, 6. Aufl., McGraw-Hill, 2008<br>• Schlichting, H.: Grenzschichttheorie, 8. Aufl., Braun, 1982<br>• Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik, 2 Bände, Springer, 1980<br>• Nitsche, W., Brunn, A.: Strömungsmesstechnik, 2. Aufl., Springer, 2006<br>• Skript, Foliensatz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 121301 Vorlesung Strömungslehre I<br>• 121302 Vortragsübungen Strömungslehre I<br>• 121303 Tutorium Strömungslehre I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit: 55h<br><br>Selbststudium/Nacharbeitszeit: 125h<br><br>Gesamt: 180h |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 12131 Strömungslehre I (PL), schriftlich, eventuell mündlich, 120 Min., Gewichtung: 1.0, (40 min Kurzfragen ohne Hilfsmittel, 80 min Aufgaben mit Hilfsmitteln) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Overhead-Projektor, Tafel, Kurzvideos, praktische Versuche. |
| 20. Angeboten von: | Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie |

# 100 Pflichtmodule

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 40010 | Analytische und Numerische Methoden in der LRT |
| 40650 | Strukturdynamik |
| 43960 | Regelung, Navigation und Systementwurf |
| 43970 | Aerodynamik und Flugzeugentwurf I |
| 43980 | Luftfahrttriebwerke und Verbrennung |
| 43990 | Raumfahrttechnik I |
| 44000 | Nachhaltige Energie- und Verkehrssysteme |
| 80640 | Masterarbeit Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 43970 Aerodynamik und Flugzeugentwurf I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060101001 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Thorsten Lutz |
| 9. Dozenten: | • Thorsten Lutz<br>• Maged Sorour |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Pflichtmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage Profilpolaren zu lesen und zu interpretieren und verstehen den Einfluss elementarer geometrischer Parameter auf die Profileigenschaften.<br>• Sie kennen den Einfluss der Mach-Zahl auf die Umströmung und die aerodynamischen Eigenschaften von Profilen.<br>• Die Studierenden verstehen den Einfluss des Grundrisses auf die aerodynamische Leistung und das Abreißverhalten von subsonischen Tragflügeln und können Berechnungsprogramme zur Auslegung von Tragflügeln anwenden.<br>• Die Studierenden sind in der Lage die Entwicklungsphasen des Flugzeugvorentwurfs und Flugzeugentwurfs zu bewältigen.<br>• Die Studierenden kennen die im Flugzeugvorentwurf gängigen Verfahren und können die benötigten Parameter (z. B. Schub/ Gewichtsverhältnis, Leistungs-/Gewichtsverhältnis) berechnen. |
| 13. Inhalt: | **Flugzeugaerodynamik I:**<br>• Reibungsfreie und reibungsbehaftete inkompressible Profilumströmung<br>• Skelett-Theorie<br>• Profilpolaren<br>• Druck- und Neutralpunkt<br>• Linearisierte Potentialgleichung<br>• Ähnlichkeitsregeln für Unter- und Überschall<br>• transsonische Profilumströmung<br>• supersonische Profilumströmung<br>• subsonische Tragflügelumströmung<br>• Prandtlsches Traglinienverfahren<br>• Multhopp-Verfahren und Anwendungen<br>• Einfluss des Grundrisses auf die Tragflügelaerodynamik |

| | |
|---|---|
| | **Flugzeugentwurf I:**<br>• Technische und wirtschaftliche Voraussetzungen für eine Flugzeugentwicklung<br>• Entwicklungsphasen im Flugzeugbau (Vorentwurf und Entwurf)<br>• Verfahren für den Vorentwurf<br>• Berechnung der Flugzustände und Flugleistungen |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Übungsgblätter<br>Graphisch interaktives Programm „AERO"<br>Anderson, J.D.: Fundamentals of Aerodynamics<br>Anderson, J.D.: Modern Compressible Flow<br>Schlichting, Truckenbrodt: Aerodynamik des Flugzeuges<br>Torenbeek, E.: Synthesis of subsonic airplane design<br>Brüning, G.; Hafer X.; Sachs, G.: Flugleistungen : Grundlagen, Flugzustände,<br>Flugabschnitte<br>Raymer, D. P.: Aircraft design : a conceptual approach |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 439701 Vorlesung Flugzeugaerodynamik I<br>• 439702 Übung Flugzeugaerodynamik I<br>• 439703 Vorlesung Flugzeugentwurf I<br>• 439704 Übung Flugzeugentwurf I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugzeugaerodynamik I, Vorlesung: 73 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 45 h)<br>Flugzeugaerodynamik I, Übungen: 17 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10 h)<br>Flugzeugentwurf I, Vorlesung+Übungen: 90h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 43971 Aerodynamik und Flugzeugentwurf I (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Programmanwendungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Aerodynamik und Gasdynamik |

# Modul: 40010 Analytische und Numerische Methoden in der LRT

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060100010 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | • Claus-Dieter Munz<br>• Bernhard Weigand |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Pflichtmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | MatLab-Kenntnisse, Kenntnisse in der numerische Mathematik für Ingenieure, wie sie im Rahmen des Moduls Numerische Simulation (060100001) des Bachelor-Studienganges Luft- und Raumfahrttechnik erworben werden. |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die Lösungseigenschaften der verschiedenen mathematischen Modelle, die in der Luft- und Raumfahrttechnik auftreten. Sie kennen Methoden, um diese Modelle in Spezialfällen zu vereinfachen und können diese einsetzen, um einfache analytische Lösungen abzuleiten. Die Studierenden besitzen einen Überblick über die numerischen Verfahren, die in Rechenprogrammen für Probleme der Luft- und Raumfahrttechnik benutzt werden und kennen deren Eigenschaften. Sie können diese in vereinfachten Situationen auch in Rechenprogramme umsetzen. Sie können diese validieren und Simulationen ausführen. Die Studierenden sind in der Lage, die numerischen Ergebnisse eines Rechenprogramms hinsichtlich Qualität und Genauigkeit zu beurteilen. |
| 13. Inhalt: | Es werden Grundlagen der mathematischen Modellierung und der Methoden der angewandten Mathematik behandelt, insbesondere mit dem Ziel der Berechnung von Lösungen von partiellen Differenzialgleichungen. Die Grundlagen umfassen hier Dimensionsanalyse, Störungsrechnung, mathematische Modellierung mit Differenzialgleichungen, Lösungsansätze für einfache partielle Differenzialgleichungen, Fourier Reihen und Transformation, Separationsansätze, Erhaltungsgleichungen. Aufbauend auf den Grundlagen der numerischen Mathematik werden die Prinzipien der Konstruktion numerischer Methoden erläutert. Die analytischen und numerischen Werkzeuge werden zur Bestimmung von Lösungen und Näherungslösungen eingesetzt, wie stationäre |

| | |
|---|---|
| | Wärmeleitungsprobleme, instationäre Diffusion und Wärmeleitung und Wellenausbreitung. Dabei werden Finite-Volumen-, Finite-Elemente- und Differenzen-Verfahren abgeleitet und angewandt. Die Übertragung der Methoden auf die Lösung von Strömungs- und Transportprozessen und Probleme in Statik und Dynamik wird behandelt und in Übungen und Übungsblättern praktisch ausgeführt. |
| 14. Literatur: | Literatur: Munz, Westermann: Numerische Behandlung von gewöhnlichen und partiellen Differenzialgleichungen, Springer-Verlag B. Weigand, Analytical Methods for Heat Transfer and Fluid Flow Problems, Springer-Verlag |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 400101 Vorlesung mit Übungen Analytische und numerische Methoden I<br>• 400102 Tutorium Analytische und numerische Methoden I<br>• 400103 Vorlesung mit Übungen Analytische und numerische Methoden II<br>• 400104 Tutorium Analytische und numerische Methoden II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Analytische und numerische Methoden, Vorlesung: 120 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 64 h)<br><br>Tutorium: 60h (Präsenzzeit 28h , Selbsstudium 32h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 40011 Analytische und Numerische Methoden in der LRT (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 43980 Luftfahrttriebwerke und Verbrennung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400119 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | • Manfred Aigner<br>• Stephan Staudacher<br>• Peter Gerlinger<br>• Uwe Riedel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 6. Semester<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 1. Semester<br>→ Pflichtmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 1. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 1. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 1. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Anwendung von Ähnlichkeitsparametern für Komponenten und ganze Gasturbinenanlagen ist verstanden.<br>• Die mechanische und thermodynamische Kopplung der einzelnen Komponenten ist verstanden.<br>• Das stationäre Betriebsverhalten verschiedenster Fluggasturbinen ist verstanden und kann in Beispielen angewandt werden.<br>• Die daraus resultierende Vorgehensweise bei der Leistungsberechnung von Flugtriebwerken ist durchdrungen.<br>• Das instationäre Betriebsverhalten von Gasturbinenanlagen kann an hand von Ähnlichkeitsparametern beschrieben werden.<br>• Grundlegendes Verständnis von Verbrennungsvorgängen ist vorhanden<br>• Erste quantitative Methoden zu Wärme- u. Stoffübertragung sind bekannt<br>• Die Studierenden kennen die Haupteinsatzgebiete verschiedener gasförmiger und flüssiger Brennstoffe<br>• Die Wirkketten bei der Schadstoffbildung können benannt werden<br>• Die wesentlichen Konzepte der Chemischen Thermodynamik und Reaktionskinetik können benannt und erläutert werden |
| 13. Inhalt: | • Ähnlichkeitsparameter, stationäres und instationäres Betriebsverhalten<br>• Brennstoffe, Thermodynamik, Reaktionskinetik, Schadstoffbildung |
| 14. Literatur: | |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 439801 Vorlesung mit Übungen Turboflugtriebwerke |

| | |
|---|---|
| | • 439802 Vorlesung mit Übungen Einführung in die Verbrennung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Turboflugtriebwerke. Vorlesung + Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Einführung in die Verbrennung, Vorlesung + Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56, Selbststudium 124) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 43981 Luftfahrttriebwerke und Verbrennung (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 80640 Masterarbeit Luft- und Raumfahrttechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060000100 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 30.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 0.0 | 7. Sprache: | - |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Ewald Krämer |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Pflichtmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Erwerb von mindestens 63 Leistungspunkte im Studiengang M.Sc. Luft- und<br>Raumfahrttechnik, darunter alle Leistungspunkte aus dem Pflichtteil |
| 12. Lernziele: | Die Masterarbeit soll zeigen, dass die zu prüfende Person in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine Aufgabenstellung aus dem Bereich Luftund Raumfahrttechnik selbständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten und die Ergebnisse sach-gerecht darzustellen. Mit der Masterarbeit werden 30 Leistungspunkte erworben.<br>Die Studierenden können anspruchsvolle Ingenieur-Aufgaben aus dem Bereich Luft- und Raumfahrttechnik unter Anwendung des im Bachelor- und Masterstudium vermittelten Wissens lösen. Die Studierenden kennen die typischen Phasen und sozialen Prozesse eines Forschungsprojektes. Durch angeleitetes wissenschaftliches Arbeiten haben die Studierenden eine erweiterte Problemlösungskompetenz. Die Studierenden haben neben der Lösung theoretischer, konstruktiver und/ oder experimenteller Aufgaben im Gebiet der Luft- und Raumfahrttechnik auch eine Recherche aktueller Publikationen zum übergeordneten Forschungsthema durchgeführt und kennen die inhaltlichen Grundlagen. |
| 13. Inhalt: | • Einarbeitung in die Aufgabenstellung durch Literaturrecherche und Erstellung eines Arbeitsplanes.<br>• Durchführung und Auswertung der eigenen Untersuchungen<br>• Diskussion der Ergebnisse<br>• Zusammenfassung der Ergebnisse in einer wissenschaftlichen Arbeit<br>• Präsentation und Verteidigung der Ergebnisse in einem Seminarvortag |
| 14. Literatur: | Lothar Wagner, Die wissenschaftliche Abschlussarbeit: Ratgeber für effektive<br>Arbeitsweise und inhaltliches Gestalten. Saarbrücken, VDM-Verlag Müller, 2007<br>Norbert Frank und Joachim Stary, Die Technik wissenschaftlichen Arbeitens,<br>Eine praktische Anleitung. UTB Uni-Taschenbücher Band 724, 2008.<br>Martha Boeglin, Wissenschaftlich arbeiten Schritt für Schritt, Gelassen und<br>effektiv studieren. UTB Uni-Taschenbücher Band 2927. UTB Mittlere Reihe 185,<br>2007.<br>Bjorn Gustavii, How to Write and Illustrate a Scientific Paper, Cambridge, - 328 -<br>Cambridge University Press, 2008.<br>Weitere: Je nach gewählter Master-Arbeit. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 900 h (Präsenzzeit 0 h, Selbststudium 900 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 3999 Masterarbeit (PL), schriftliche Prüfung, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44000 Nachhaltige Energie- und Verkehrssysteme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320010 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Pflichtmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden habe einen Überblick über die aktuellen regenerativen Energiesysteme, deren volkswirtschaftlichen Potenziale und die Verbindung zu beispielhaften Verkehrssystemen. Die Studierenden verfügen über das Systemverständnis verschiedener Energiewandlungsketten |
| 13. Inhalt: | • Biomasse, -gas, Biomass To Liquid (BTL)<br>• Windenergie<br>• Photovoltaik<br>• Brennstoffzellen<br>• CO2-Methanisierung<br>• Wasserstoff<br>• Speicherung<br>• Kombikraftwerk<br>• Prognosesysteme<br>• Elektromobilität<br>• E-Genius, Icaré |
| 14. Literatur: | Vorlesungsfolien unter ILIAS<br>Übung unter ILIAS<br>Begleitbuch: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner, 6. Aufl.,<br>Begleitbuch: V. Quaschning, Regenerative Energiesysteme |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440001 Vorlesung Nachhaltige Energie- und Verkehrssysteme |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44001 Nachhaltige Energie- und Verkehrssysteme (USL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 43990 Raumfahrttechnik I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500099 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Pflichtmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden haben einen weiterführenden Überblick der Raumfahrtsysteme und können deren Bedeutung und die erforderlichen Aufwendungen einordnen.<br>• Die Studierenden kennen Aspekte der Bahnmanöver und können den Nutzen von Manövern wie Gravity Assist rechnerisch erfassen.<br>• Die Studierenden kennen Umweltfaktoren und haben sich mit diesen auch im Hinblick auf die Weltraumqualifikation auseinandergesetzt.<br>• Die Studierenden kennen die Subsysteme eines Raumfahrtgeräts und haben sich Wissen über die systemischen Aspekte eines Raumfahrtprojektes angeeignet.<br>• Die Studierenden haben grundlegende Kenntnisse über die Anforderungen an die Weltraumqualifikation von technischen Systemen, die verschiedenen Qualifikationstests und die hierfür notwendige Dokumentation. |
| 13. Inhalt: | Überblick Entwurfskonzepte für Raumfahrzeuge, Auswirkungen Weltraumumgebung auf den Entwurf, bahnmechanische und antriebstechnische Aspekte, Subysteme von Raumfahrzeugen (Kommunikation, Strukturen und Materialien, Energieversorgung, Lageregelung, Lebenserhaltung, Thermalkontrolle, etc.), Überblick Wiedereintritt, Weltraumqualifikation. |
| 14. Literatur: | Vorlesungsunterlagen (werden zu Beginn bereitgestellt). |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 439901 Vorlesung Raumfahrttechnik<br>• 439902 Übung Raumfahrttechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Raumfahrttechnik, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit:28 h, Selbststudium: 32 h)<br>Raumfahrttechnik, Übungen: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 42 h, Selbststudium: 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 43991 Raumfahrttechnik I (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Powerpoint, Tafel |
| 20. Angeboten von: | Institut für Raumfahrtsysteme |

# Modul: 43960 Regelung, Navigation und Systementwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200100 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 9.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | • Alfred Kleusberg<br>• Walter Fichter<br>• Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Pflichtmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Mehrgrößenregelung:**<br>Die Studierenden sind in der Lage, lineare Mehrgrößensysteme auf ihre Eigenschaften hin zu untersuchen (Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilität usw.) und spezielle Lösungen zu charakterisieren.<br>Die Studierenden sind in der Lage, lineare Regler in Form von Zustandsvektorrückführungen nach verschiedenen Verfahren zu entwerfen und nicht messbare Zustandsgrößen mit verschiedenen Varianten linearer Beobachter zu schätzen.<br>**Inertialnavigation:**<br>Die Studierenden kennen die grundlegenden physikalischen Eigenschaften von Inertialsensorik und verstehen die mathematischen Operationen zur Berechnung von Position, Geschwindigkeit und Lage eines Inertialnavigationssystems aus den Messungen der Inertialsensoren.<br>**Systementwurf I:**<br>Die Studierenden kennen die elementaren Grundlagen zur Auslegung fehlertoleranter Luftfahrtsysteme. Dazu gehören a) Systembereiche wie fehlertolerante Avionik, Sensorik, Aktuatorik, b) Funktionen bzgl. Anwendung und Management. Die Orientierung an einem Fly-by-Wire System soll den Anwendungsbezug verdeutlichen. |
| 13. Inhalt: | **Mehrgrößenregelung:**<br>• Eigenschaften linearer Mehrgrößensysteme (Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilität usw.)<br>• Allgemeine und spezielle Lösung linearer Mehrgrößensysteme (z.B. für Sprungeingänge, Impulseingänge, sinusförmige Eingänge usw.)<br>• Regelkreisstrukturen für verschiedene Regelziele (Stabilisierung bzw. Folgeregelung)<br>• Entwurf von Zustandsvektorrückführungen mit verschiedenen Verfahren (Polvorgabe, modale Regelung, optimale Regelung)<br>• Struktur und Entwurf linearer Beobachter (vollständig und reduziert)<br>**Inertialnavigation:**<br>• Koordinatensysteme, Koordinatentransformationen<br>• Richtungskosinusmatrizen und deren zeitliche Ableitung |

- Eulerwinkel, Eulersche symmetrische Parameter, Quaternionen
- Differentialgleichungen für den Strap-Down-Navigator
- Integration der Differentialgleichungen anhand von IMU-Messungen
- Fehlerverhalten
- IMU-Sensorik

**Systementwurf I**

- Herleiten grundlegender funktioneller und nichtfunktioneller Entwurfsanforderungen an ein Fly-by-Wire System
- Ermitteln der Systemstruktur, Allokieren von Funktionen, Definieren der Systemgranularität, erstes „Safety Assessment"
- Grundlegende Ansätze zur Auslegung eines System-Managements zur fehlertoleranten Steuerung des Gesamtsystems, unterteilt in Rechner-,Sensor- und Aktuator-System-Management

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Fichter, W., Grimm, W.: Regelungstechnik 2, Skript, 2010.<br>Lunze, J.: Regelungstechnik 2, Springer, 2010.<br>Unbehauen, Regelungstechnik II, Vieweg, 2010.<br>Kleusberg, A.: Inertialnavigation, Skript, 2010<br>Reichel, R.: Systementwurf I, Skript, 2012 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 439601 Vorlesung Mehrgrößenregelung<br>• 439603 Vorlesung Systementwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Mehrgrößenregelung, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Inertialnavigation, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Systementwurf, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 270 h (Präsenzzeit 84 h, Selbststudium 186 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 43961 Regelung, Navigation und Systementwurf (PL), schriftliche Prüfung, 180 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 40650 Strukturdynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513101 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 9.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Pflichtmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die wichtigsten Kriterien und Grenzen für die Modellbildung in der Strukturdynamik,<br>• können Freiheitsgrade und kinematische Bindungen identifizieren und in unterschiedlichen Koordinatensystemen beschreiben,<br>• können die Bewegungsgleichungen einfacher Mehrkörper-Systeme aufstellen, linearisieren und lösen,<br>• können die Bewegungsgleichungen eindimensionaler Kontinua aufstellen und lösen,<br>• können die Bewegungsgleichungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen und lösen,<br>• können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit einem Freiheitsgrad berechnen,<br>• können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit mehreren Freiheitsgraden berechnen,<br>• kennen das Verfahren der Modalanalyse mit und ohne Dämpfung,<br>• besitzen Grundkenntnisse für den Umgang mit einfachen dynamischen Finite-Elemente-Modellen. |
| 13. Inhalt: | **Veranstaltung Dynamik I:**<br>- Modellierung, Freiheitsgrade und Kinematik bei Mehrkörpersystemen,<br>- Prinzip von d' Alembert, Prinzip der virtuellen Verschiebungen in der Dynamik,<br>- Aufstellung von Bewegungsgleichungen bei Mehrkörpersystemen,<br>- Linearisierung von Bewegungsgleichungen,<br>- Einheitsverschiebungsgesetz in der Dynamik,<br>- Lineare Systeme mit einem Freiheitsgrad,<br>- Freie und erzwungene gedämpfte Schwingungen (harmon., period., stoßartige Erregung).<br>**Veranstaltung Dynamik II:**<br>- Eigenwertanalyse bei Mehrfreiheitsgradsystemen,<br>- freie und erzwungene Schwingungen bei Mehrfreiheitsgradsystemen,<br>- starre Bewegungsmöglichkeiten,<br>- Modalanalyse,<br>- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua und deren analytische Lösung, |

| | |
|---|---|
| | - Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua mit Finite-Elemente-Modellen,<br>- Dehnstab, Biegestab, Torsionsstab.<br>**Veranstaltung Einführung in die Finite-Elemente-Methode:**<br>- Grundlagen und Anwendungen von Finite-Elemente-Modellen,<br>- Stab-, Balken- und Stab-Balken-Element,<br>- Thermische Lasten und Vorspannung,<br>- Elemente aus Mehrkörpersystemen,<br>- Koordinatentransformationen bei Finiten Elementen,<br>- Zusammenstellung von Gesamtmodellen,<br>- Nachlaufrechnung. |
| 14. Literatur: | • Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2002<br>• Hamel, G.: Theoretische Mechanik. Berlin [u.a.] : Springer, 1978<br>• Hagedorn, P. ; Otterbein, S.: Technische Schwingungslehre. Band 1. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1987<br>• Hagedorn, P.: Technische Schwingungslehre. Band 2, Berlin ; Heidelberg : Springer, 1989<br>• Schiehlen, W. ; Eberhard, P.: Technische Dynamik. 2. Aufl. Stuttgart [u.a.] : Teubner, 2004<br>• Skript<br>• zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 406501 Vorlesung mit Übungen Dynamik I<br>• 406502 Vorlesung mit Übungen Dynamik II<br>• 406503 Vorlesung mit Übungen Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dynamik I, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Dynamik II, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Einführung in die Finite-Elemente-Methode, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 270 h (Präsenzzeit 84 h, Selbststudium 186 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 40651 Strukturdynamik (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint, Kurzvideos, kleine Experimente |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# 200 Wahlpflichtmodule

Zugeordnete Module:
210 Spezialisierungsrichtungen
220 Ergänzungsmodule

# 220 Ergänzungsmodule

Zugeordnete Module:

12420 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie
29150 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks
30880 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen
30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt
36370 Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen
37090 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung
40840 Flugregelung
43070 Verkehrstelematik
44010 Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt
44020 Aerodynamik und Flugzeugentwurf II
44030 Wind Turbine Noise
44040 Analyse tropfendynamischer Prozesse
44050 Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme
44060 Integrierte Modulare Avionik und Entwicklungsprozess
44070 Analytische Methoden
44080 Angewandte Luftfahrtsysteme
44090 Angewandte Luftfahrtsysteme I
44100 Angewandte Luftfahrtsysteme II
44110 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle
44120 Art of Science of Systems Architecting
44130 Astronautik
44140 Autoflight und Air Traffic Management
44150 Bahnmechanik für Raumfahrzeuge
44170 CFD-Programmierseminar
44180 Chemische Raumfahrtantriebe I
44190 Chemische Raumfahrtantriebe: ausgewählte Kapitel
44200 Composites modelling
44210 Deformationsanalyse
44220 Differenzenverfahren hoher Genauigkeit
44230 Digitale Bildverarbeitung
44240 Digitale Strömungsvisualisierung
44250 Digitaler Produktentwurf
44260 Dimensionsanalyse
44270 Discontinuous-Galerkin-Verfahren
44280 Effizient programmieren
44290 Effiziente Energiewandlung
44300 Einführung in die Hubschraubertechnik
44310 Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie
44320 Ein- und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie
44330 Elastische/inelastische Lichtstreuung
44340 Elektrische Raumfahrtantriebe
44350 Energiesysteme für die Raumfahrt
44360 Spezielle Methoden der Systemtechnik
44380 Experimentelle Simulation des Wiedereintritts
44390 Faserverbundseminar
44400 Fernerkundung
44410 Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken
44420 Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld
44430 Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern
44440 Flugmesstechnik
44450 Flugregelungssysteme
44460 Flugzeugentwurf II
44470 Flugzeugentwurfsseminar
44480 Geometrische Überwachung: Messung und Analyse

44490 Geschwindigkeitsgrenzschichten
44500 Grenzschichtdynamik und -kontrolle
44510 Grundlagen der Turbulenzmodellierung
44520 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt
44530 Hubschrauber-Aeromechanik
44540 Hubschraubertechnik
44550 Hyperschallströmung und -flug
44570 Industrielle Messtechnik
44580 Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme
44590 Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse
44600 Kinetische Gastheorie
44610 Kleinsatellitenentwurf
44620 Komplexe Avioniksysteme I
44630 Komplexe Avioniksysteme II
44640 Kompressible Strömungen I + II
44650 Konstruieren mit Keramik
44660 Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren
44670 Konstruktion von Flugtriebwerken
44680 Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen
44690 Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen
44700 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt
44710 Laminar-turbulente Transition
44720 Lastannahmen
44730 Leichtbau I
44740 Leichtbau I, II
44750 Leichtbau II
44760 Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren
44770 Leichtbauseminar
44780 Lenkverfahren
44790 Lineare Schätzverfahren
44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen
44810 Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen
44820 Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik
44830 Mechanische Systeme
44840 Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation
44850 Messverfahren des Wärmetransports
44860 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen
44880 Nichtlineare Optimierung
44890 Nichtlineare und digitale Regelung
44910 Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen
44920 Numerische Strömungsmechanik
44930 Numerische Strömungssimulation
44940 Numerische Verbrennungssimulation
44950 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik
44960 Optimierung und Optimalsteuerung
44980 Plasmatechnik
44990 Profilentwurf
45000 Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren
45010 Rapid Prototyping
45020 Raumfahrtinstrumente
45030 Raumfahrttechnik II
45040 Raumsonden
45050 Regelung von Gasturbinen
45060 Reibungsbehaftete Hyperschallströmung
45070 Reibungsfreie Hyperschallströmung
45090 Robuste Regelung
45100 Satellitenbetrieb
45110 Satelliteninstrumente

45120 Satellitennavigation
45130 Satellitenregelung
45140 Schätzverfahren
45150 Schätzverfahren und Flugmesstechnik
45160 Seminar Entwurfssprachen
45170 Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen
45180 Methoden der Sicherheitsanalyse
45190 Softwaretechnik
45200 Sonderkreisläufe und Gasturbinenprozesse
45210 Strömungsmesstechnik
45220 Strömungsmesstechnik und Visualisierung
45230 Integrierte Modulare Avionik
45260 Systemsimulation in der Satellitenentwicklung
45270 Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV)
45280 Thermodynamik der Gemische
45290 Tragflügelaerodynamik
45300 Tragwerksoptimierung
45310 Turbomachinery
45320 Turbulenz
45330 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt
45340 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen
45350 Wärmeübertragung in Turbomaschinen
45360 Wärmeübertragungsintensivierung
45370 Weltraumqualifikation
45380 Werkstoffe für Turbomaschinen
45390 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt
45400 Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe
45410 Wiedereintrittstechnologie
45420 Windenergie 5 - Windenergie-Labor
45430 Wissensverarbeitung und Softcomputing
45450 Werkstoffe und Verfahren für Antriebe der Luft- und Raumfahrt
45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D
45680 Optimale Tragwerksauslegung
46510 Industrielle Aerodynamik
48380 Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik
48680 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua
48690 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke
48710 Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung
48720 Wärmetransportprozesse
49020 Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern
49030 Staustrahl- und Kombinationsantriebe
49580 Statik III
49590 Aeroelastizität I+II
49600 Aeroelastizität I
49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II
49620 Modellbildung für Finite Elemente I
49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden
49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)
49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)
49660 Nichtlineare Finite Elemente
49670 Seminar Angewandte Finite Elemente
50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I
51620 Hochtemperatur-Messtechnik
51970 Moderne Methoden der Regelungstechnik
56080 Ausgewählte Praktika in der Raumfahrt
56290 Schaufelkühlungsauslegung
57000 Aerobotics Seminar

57010 Human Factors Engineering in Flight Deck Design
57160 Strukturdynamik
57170 Einführung in die Finite Elemente Methode
57180 Regelung und Systementwurf
57190 Inertialnavigation
57980 Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie

# Modul: 44010 Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manuel Keßler |
| 9. Dozenten: | Manuel Keßler |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die wesentlichen aeroakustischen Phänomene, die Entstehung und Ausbreitung von Schall sowie experimentelle und simulative Möglichkeiten zur Analyse und Reduktion von Lärm |
| 13. Inhalt: | • Aeroakustische Phänomene<br>• Einführung in die Akustik<br>• Messtechnik<br>• Wellenakustik<br>• Ausbreitungsphänomene<br>• Aerodynamische Quellen<br>• Schallerzeugung und -abstahlung<br>• Simulationsverfahren |
| 14. Literatur: | Skript „Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440101 Vorlesung mit Übungen Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44011 Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Aerodynamik von Luft- und Raumfahrzeugen |

# Modul: 57000 Aerobotics Seminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200122 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Flugmechanik<br><br>Regelungstechnik Grundlagen<br><br>Vorteilhaft: grundlegende Programmierkenntnisse |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind vertraut mit dem industriellen Entwicklungsprozess einer Steuerung bzw. Regelung. Sie kennen die einzelnen Schritte beginnend mit der Definition der Anforderungen bis hin zum Flugversuch.<br><br>Die Studierenden können Algorithmen zur Flugregelung entwickeln, in verschiedenen Ausbaustufen der Simulation testen und im Flugversuch verifizieren.<br><br>Die Studierenden sind in der Lage, das Gesamtvorhaben sinnvoll in Teilaufgaben zu zerlegen, die Teilaufgaben auf Projektteams zu verteilen und nach den üblichen Methoden des Projektmanagements abzuarbeiten. |
| 13. Inhalt: | Einführung in die Aufgabenstellung, die vorhandene Infrastruktur und den zu durchlaufenden Entwicklungsprozess<br><br>Entwurf und Implementierung von Algorithmen zur Flugregelung in Gruppenarbeit<br><br>Diskussion des Fortschritts in regelmäßigen Progress-Meetings<br><br>Flugdemonstration<br><br>Abschließende Präsentation und Dokumentation |
| 14. Literatur: | W. Fichter und W. Grimm: Flugmechanik. Aachen: Shaker, 2009.<br><br>Dokumentation vorhandener Simulatoren und Entwicklungsumgebungen |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 570001 Seminar Aerobotics |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Aerobotics Seminar: Präsenzzeit: 28h, Selbststudium: 62h |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57001 Aerobotics Seminararbeit (BSL), mündliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44020 Aerodynamik und Flugzeugentwurf II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Maged Sorour<br>• Thorsten Lutz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen des Moduls „Aerodynamik und Flugzeugentwurf I" (060101001) |
| 12. Lernziele: | Flugzeugentwurf II<br>• Die Studierenden können Flugzeugentwürfe beurteilen hinsichtlich Flugleistungen und Einsatztauglichkeit.<br>• Es gelingt ihnen eigene Entwürfe zu erarbeiten unter Berücksichtigung des Einflusses von Kompressibilität und Machzahleffekten.<br>• Weiterhin können die Studierenden einen Entwurf bezüglich Stabilität und Steuerbarkeit beurteilen.<br>Flugzeugaerodynamik II<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen und Anwendungsgrenzen von aerodynamischen Berechnungsmethoden, die im Vorentwurf und für Lastannahmen einsetzbar sind und können entsprechende Programme für Entwurfszwecke einsetzen.<br>• Die Studierenden verstehen den Einfluss der Pfeilung auf die aerodynamischen Eigenschaften von Tragflügeln in allen Mach-Zahl Bereichen und können die Wahl der Pfeilung bei Verkehrsflugzeugen und Überschallflugzeugen nachvollziehen.<br>• Sie können die zu erwartenden aerodynamischen Effekte bei Überschall-Tragflügeln ohne aufwändige Rechnung abschätzen und sind so in der Lage die Ergebnisse numerischer Simulationen zu bewerten. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen komplexe aerodynamische Effekte (Instationarität, Interferenzeffekte, nichtlineare Effekte) und den Einfluss auf die aerodynamischen Eigenschaften. |
| 13. Inhalt: | **Flugzeugentwurf II**<br>• Energie-Höhenmethode<br>• Darstellung der Flugbereichsgrenzen<br>• Flugbereichsgrenzen aufgrund der Bauvorschriften<br>• Entwurfsaspekte für den schallnahen und den Überschallbereich<br>• Ermittlung von Auftrieb und Widerstand unter Berücksichtigung der Kompressibilität<br>• Stabilität und Steuerbarkeit<br>**Flugzeugaerodynamik II**<br>• Erweitertes Traglinienverfahren<br>• Weissinger-Verfahren + Anwendungen<br>• Wirbelleiterverfahren + Anwendungen<br>• Nichtlineare Aerodynamik, Flügel kleiner Streckung, Deltaflügel<br>• Prinzip der Unabhängigkeit<br>• Pfeilungseffekte bei subsonischer, transsonischer und supersonischer Strömung<br>• Supersonische Flügelumströmung<br>• Interferenzeffekte<br>• Grundzüge der instationären Strömung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Übungsgblätter<br>Graphisch interaktives Programm „AERO"<br>Anderson, J.D.: Fundamentals of Aerodynamics<br>Anderson, J.D.: Modern Compressible Flow<br>Schlichting, Truckenbrodt: Aerodynamik des Flugzeuges<br>Raymer, D. P.: Aircraft design : a conceptual approach<br>Nicolai, M.: Fundamentals of Aircraft Design<br>Roskam, J.: Airplane Aerodynamics and Performance |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440201 Vorlesung Flugzeugentwurf II<br>• 440202 Übung Flugzeugentwurf II<br>• 440203 Vorlesung Flugzeugaerodynamik II<br>• 440204 Übung Flugzeugaerodynamik II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugzeugentwurf II, Vorlesung+Übung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62h)<br>Flugzeugaerodynamik II, Vorlesung: 73 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 45 h)<br>Flugzeugaerodynamik II, Übungen: 17 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44021 Aerodynamik und Flugzeugentwurf II (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49600 Aeroelastizität I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600119 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Gunter Faust |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strukturmechanik, Strömungsmechanik, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können im Rahmen der Aeroelastizität I komplexe statische Systeme inklusive des rückgekoppelten (nichtlinearen) Effektes modellieren, um Aussagen hinsichtlich des Spannungsproblems (Festigkeit und Gebrauchfähigkeit) und der Torsions- und Biegedivergenz von Flugkörpern zu treffen. Sie beherrschen den Vergleich einer analytischen Lösung eines ungepfeilten Flügels mit einer numerischen Finite Elementlösung und können die Stärken und Schwächen der jeweiligen Lösungsansätze aufzeigen. |
| 13. Inhalt: | **Aeroelastizität I:**<br>Statische Aeroelastizität:<br>Spannungsproblem (Festikeits- u. Gebrauchsnachweis),<br>Stabilitätsproblem (Divergenzverhalten)<br>Torsionsdivergenz, Modellbeschreibung,Flügelquerschnitt ohne Ruder<br>Biegedivergenz schlanker Flugkörper<br>Ruderwirksamkeit, Modellbeschreibung, Flügelquerschnitt mit Ruder |

| | |
|---|---|
| | Höhenleitwerkswirksamkeit<br>Analytische und numerische Lösung (FE)/ Torsionsdivergenz des ungepfeilten Tragflügels<br>Biege- u. Torsionsdivergenz des gepfeilten Tragflügels<br>Biegedivergenz - Tragflügel mit kleiner Streckung<br>Querruderwirksamkeit - räumliches Problem |
| 14. Literatur: | Försching, H.W.(1974); Grundlagen der Aeroelatizität, Springer.<br>Bisplinghoff, R.L.el. all. (1955); Aeroelasticity, Dover.<br>Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496001 Vorlesung & Übung Aeroelastizität I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49601 Aeroelastizität I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49590 Aeroelastizität I+II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600120 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Gunter Faust |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strukturmechanik, Strömungsmechanik, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können durch die Aeroelastizität I komplexe statische Systeme inklusive des rückgekoppelten (nichtlinearen) Effektes modellieren, um Aussagen hinsichtlich des Spannungsproblems (Festigkeit und Gebrauchfähigkeit) und der Torsions- und Biegedivergenz von Flugkörpern zu treffen. Sie beherrschen den Vergleich einer analytischen Lösung eines ungepfeilten Flügels mit einer numerischen Finite Elementlösung und können die Stärken und Schwächen der jeweiligen Lösungsansätze aufzeigen.<br><br>Durch Aeroelastizität II kennen die Studierenden mathematische Methoden,<br><br>mittels derer das komplexe Wechselspiel aus dynamischen Luftkräften und dynamischer Strukturverformung modelliert und numerisch gelöst werden kann. |
| 13. Inhalt: | **Aeroelastizität I:**<br><br>Statische Aeroelastizität:<br><br>Spannungsproblem (Festikeits- u. Gebrauchsnachweis),<br><br>Stabilitätsproblem (Divergenzverhalten) |

Torsionsdivergenz, Modellbeschreibung, Flügelquerschnitt ohne Ruder

Biegedivergenz schlanker Flugkörper

Ruderwirksamkeit, Modellbeschreibung, Flügelquerschnitt mit Ruder

Höhenleitwerkswirksamkeit

Analytische und numerische Lösung (FE)/Torsionsdivergenz des ungepfeilten Tragflügels

Biege- u. Torsionsdivergenz des gepfeilten Tragflügels

Biegedivergenz - Tragflügel mit kleiner Streckung

Querruderwirksamkeit - räumliches Problem

**Aeroelatizität II:**

Dynamische Aeroelastizität:

Spannungsproblem (Festigkeits- u. Gebrauchsnachweis),

Stabilitätsproblem (Flattern)

Mathematische Grundlagen

Fourier-Reihe, reell + komplex

Fourier-Transformierte

Fouriertransformation der partikulären Lösung

Laplace-Transformation

Aerodynamik schwingender Auftriebsysteme (Potentialströmungen)

Aerodynamik - Grundlagen, Grundbegriffe, Übersicht - Grundgleichungen reibungsfreier, inkompressibler Strömungen

Vereinfachung - rotationsfreie Strömung, Potential- und Druckgleichung

Verschiedene Näherungen für die Potential- und Druckgleichung

Näherungsstufen für die Potentialgleichung (Gâteaux-Ableitung)

Näherungsstufen für den Druckbeiwert

Harmonisch schwingende Aufriebssysteme

Tragflügel in zweidimensionaler stationärer inkompressibler Strömung

Fourierabgleich nach Küssner

Beispiel Schlagschwingung

Flattergleichung

14. Literatur:

Försching, H.W.(1974); Grundlagen der Aeroelatizität, Springer.

Bisplinghoff, R.L.el. all. (1955) ; Aeroelasticity, Dover.

| | |
|---|---|
| | Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 495901 Vorlesung Aeroelastizität I+II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49591 Aeroelastizität I+II (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44040 Analyse tropfendynamischer Prozesse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700402 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Norbert Roth |
| 9. Dozenten: | Norbert Roth |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können Prozesse mit Tropfen in den Alltag einordnen<br>• Die Studierenden können Tropfen und Prozesse mit Tropfen physikalisch beschreiben<br>• Die Studierenden können mit ausgewählten verschiedenen Beschreibungsmethoden (Analytik, Numerik, Experiment) umgehen<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung bei ausgewählten tropfendynamischen Prozessen |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die Physik von Tropfen<br>• Beschreibung von verschiedenen tropfendynamischen Prozessen<br>• Experimente zu ausgewähltem Prozess mit Tropfen<br>• Numerisches Experiment zu ausgewähltem Prozess mit Tropfen |
| 14. Literatur: | Weiterführende und vertiefende Literatur:<br>• P.-G. de Gennes et al.: Capillarity and Wetting Phenomena, Springer Verlag, 2004<br>• A. Frohn & N. Roth: Dynamics of Droplets, Springer Verlag, 2000<br>• Proceedings n-th ILASS |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440401 Vorlesung Analyse tropfendynamischer Prozesse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44041 Analyse tropfendynamischer Prozesse (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

| | |
|---|---|
| 19. Medienform: | Tafel, Overhead-Projektor, Folienpräsentation, Labortermine |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44050 Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700301 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Bernhard Weigand |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können die partiellen Differenzialgleichungen einteilen und wissen welche Lösungsmethoden für welche Gleichung angewendet werden soll.<br>• Die Studierenden können Separationsmethoden anwenden und können Eigenwertprobleme lösen.<br>• Die Studierenden wissen wie man eine partielle DGL auf Ähnlichkeitslösungen hin überprüft und wie man diese dann bestimmt. |
| 13. Inhalt: | • Einteilung von partiellen Differenzialgleichungen<br>• Lösungsmethoden für lineare partielle Differenzialgleichungen (Separationsmethoden, Intergraltransformationen)<br>• Allgemeine Eigenwertprobleme (Sturm-Liouville'sche Eigenwertprobleme)<br>• Lösungsmethoden für nichtlineare partielle Diffferenzialgleichungen (Variablentransformation, Trennung der Variablen, Ähnlichkeitslösungen)<br>• Störungsrechnung |
| 14. Literatur: | B. Weigand, Analytical Methods for Heat Transfer and Fluid Flow Problems, Springer-Verlag |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440501 Vorlesung Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme<br>• 440502 Seminar Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme,<br>Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme,<br>Seminar: 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 105 h (42 h Präsenzzeit, 63 h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44051 Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44070 Analytische Methoden

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700300 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | • Bernhard Weigand<br>• Volker Simon |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die verschiedenen Einheitensysteme.<br>• Die Studierenden verstehen die Aussage des Pi-Theorems.<br>• Die Studierenden können eine Dimensionsmatrix aufstellen und die dimensionslosen Gruppen bestimmen.<br>• Die Studierenden wissen, wie man die Modelltheorie anwenden muss.<br>• Die Studierenden wissen, was man unter einer Ähnlichkeitslösung versteht.<br>• Die Studierenden können die partiellen Differenzialgleichungen einteilen und wissen welche Lösungsmethoden für welche Gleichung möglich ist.<br>• Die Studierenden können Separationsmethoden anwenden und können Eigenwertprobleme lösen.<br>• Die Studierenden wissen wie man eine partielle DGL auf Ähnlichkeitslösungen hin überprüft und wie man diese dann bestimmt. |
| 13. Inhalt: | • Einheitensysteme, Dimensionsformel und Bridgeman-Gleichung<br>• Buckingham (Pi) Theorem<br>• Modelltheorie<br>• Wahl des Basisgrößensystems<br>• Ähnlichkeitslösungen<br>• Einteilung von partiellen Differenzialgleichungen<br>• Lösungsmethoden für lineare partielle Differenzialgleichungen (Separationsmethoden, Intergraltransformationen)<br>• Allgemeine Eigenwertprobleme (Sturm-Liouville'sche Eigenwertprobleme) |

| | |
|---|---|
| | • Lösungsmethoden für nichtlineare partielle Diffferenzialgleichungen (Variablentransformation, Trennung der Variablen, Ähnlichkeitslösungen)<br>• Störungsrechung |
| 14. Literatur: | • V. Simon: Dimensionsanalyse, Skript<br>• Kays, Crawford, Weigand: Convective Heat and Mass Transfer, McGraw Hill 2005<br>• B. Weigand, Analytical Methods for Heat Transfer and Fluid Flow Problems, Springer-Verlag<br>• J.H. Spurk, Dimensionsanalyse in der Strömungslehre, Springer-Verlag<br>• H. Görtler, Dimensionsanalyse, Springer-Verlag |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440701 Vorlesung Dimensionsanalyse<br>• 440702 Seminar Dimensionsanalyse<br>• 440703 Vorlesung Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme<br>• 440704 Seminar Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dimensionsanalyse, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Dimensionsanalyse, Seminar (freiwillig): 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme,<br>Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme,<br>Seminar: 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 189 h (70 h Präsenzzeit, 119 h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44071 Analytische Methoden (PL), schriftliche Prüfung, 180 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44080 Angewandte Luftfahrtsysteme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Anforderungen, Funktion, Aufbau realer Luftfahrtsysteme von Verkehrsflugzeugen, Militärflugzeugen, Hubschrauber. |
| 13. Inhalt: | Primäres Flugsteuerungssystem (Verkehrsflugzeuge)<br>Hochauftriebssystem (Verkehrsflugzeuge)<br>Autopilot und Flight Director (Verkehrsflugzeuge)<br>Flugmanagementsystem (Verkehrsflugzeuge)<br>Überblick über integrierte Navigations- und Transpondersysteme (Verkehrsfzg.)<br>Auswahl aus „Utility Systeme" (Verkehrsflugzeuge)<br>Cabin Management System (Verkehrsflugzeuge)<br>Flugsteuerungssysteme (Militärflugzeuge)<br>Flugsteuerungssysteme (Hubschrauber) |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Angewandte Luftfahrtsysteme I/II. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |

| | |
|---|---|
| | • Moir, Ian. Civil Avionics Systems. Professional Engineering Publishing Limited. London 2003.<br>• Moir, Ian. Aircraft systems - Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Professional Engineering Publishing Limited. 2001. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440801 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme I<br>• 440802 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Angewandte Luftfahrtsysteme I: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Angewandte Luftfahrtsysteme II: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180h (Präsenzzeit: 56h, Selbststudium: 124h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44081 Angewandte Luftfahrtsysteme (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44090 Angewandte Luftfahrtsysteme I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900117 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Anforderungen, Funktion, Aufbau realer Luftfahrtsysteme von Verkehrsflugzeugen mit Schwerpunkt Flugsteuerung, Autopilot, Flugmanagement. |
| 13. Inhalt: | Primäres Flugsteuerungssystem<br>Hochauftriebssystem<br>Autopilot und Flight Director<br>Flugmanagementsystem<br>Überblick über integrierte Navigations- und Transpondersysteme |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Angewandte Luftfahrtsysteme I. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013.<br>• Moir, Ian. Civil Avionics Systems. Professional Engineering Publishing Limited. London 2003.<br>• Moir, Ian. Aircraft systems - Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Professional Engineering Publishing Limited. 2001. |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440901 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44091 Angewandte Luftfahrtsysteme I (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44100 Angewandte Luftfahrtsysteme II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Anforderungen, Funktion, Aufbau realer Luftfahrtsysteme in den Domänen „Utility, Cabin" von Verkehrsflugzeugen sowie der Domäne „Flugsteuerung" bei Hubschraubern und Militärflugzeugen. |
| 13. Inhalt: | Auswahl aus „Utility" Systemen in Verkehrsflugzeugen (Tanksystem, Elektrisches Energiesystem, Fahrwerksystem, ...)<br>Cabin Management System<br>Flugsteuerungssysteme in Militärflugzeugen<br>Flugsteuerungssysteme in Hubschrauber |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Angewandte Luftfahrtsysteme II. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme,Universität Stuttgart, 2013.<br>• Moir, Ian. Civil Avionics Systems. Professional Engineering Publishing Limited. London 2003.<br>• Moir, Ian. Aircraft systems - Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Professional Engineering Publishing Limited. 2001. |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 441001 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44101 Angewandte Luftfahrtsysteme II (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44110 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110153 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | • Ulrich Rist<br>• Peter Gerlinger |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• ausgewählte Turbulenzmodelle und Transportgleichungsmodelle<br>• Large-Eddy Simulation und hybride Verfahren<br>• turbulente Mischung und Verbrennung<br>• Fragen der Validierung und Implementierung<br>• typische Anwendungsergebnisse |
| 13. Inhalt: | • algebraische Modelle<br>• Ein- und Zweigleichungsmodelle<br>• Reynolds-Stress-Modelle<br>• Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion<br>• Grobstruktursimulation |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>John L. Lumley, First Course of Turbulence |

| | |
|---|---|
| | Stephen B. Pope, Turbulent Flows<br><br>David C. Wilcox: Turbulence Modeling for CFD |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441101 Vorlesung Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle<br>• 441102 Tutorium Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 32 h)<br>Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle, Tutorium: 30 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 23 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44111 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44120 Art of Science of Systems Architecting

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600103 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Digitaler Produktentwurf, Modulkürzel 060600105 |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Ansätze und Grundlagen zum Entwurf und Management großer Ingenieursysteme (Flugzeuge, Satelliten, Autos, Schiffe, usw.) kennen und kritisch hinterfragen. Hierzu wird der aktuelle Stand der Vorgehensweise durch Vertreter aus der Industrie dargestellt und vergleichend untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Ansätze, Methoden und Vorgehensweisen großer Ingenieursysteme kennen und analysieren. Hierzu gehören folgende Ingenieursysteme: :<br>- Flugzeuge (z.B. Kabine, N.N., Airbus Operations GmbH, Hamburg)<br>- Autos (z.B. Body in white, N.N., Daimler AG, Sindelfingen)<br>- Schiffe (Systems Eng. F125, N.N., Blohm & Voss, Hamburg)<br>- Satelliten (Virtual Spacecraft Design, N.N., EADS Astrium, Friedr.)<br>- Hubschrauber (Requirements Eng., N.N., ESG GmbH, Ausgburg)<br>- Softwaresysteme (Architektur, N.N., IBM Deutschland GmbH)<br>- Netzwerke (Datensicherheit, N.N. LKA Stuttgart)<br>- Rechenzentren (Dienste, N.N., AOK Baden-Württemberg)<br><br>Hierbei wird in der Analyse und Synthese der komplexen Systeme bes. Augenmerk auf folgende Eigenschaften der Methoden gelegt:<br>- Erkennen von Kopplungen (natürlichsprachliche Beschreibung)<br>- Formalisierung auf formale (Fach-)Ontologie<br>- Ableitung des verwendeten Entwurfsschemas<br>- Identifikation von Entwurfstreibern<br>- Sensitivitätsanalysen/system trades<br>- Topologiebewertung/Technologieeinhüllende |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Art and Science of Systems Architecting<br>INCOSE Systems Engineering Handbook<br>NASA systems engineering manual<br>ESA ECSS design standards<br>Luftfahrttechnisches Handbuch |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 441201 Vorlesung Art and Science of Systems Architecting |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44121 Art of Science of Systems Architecting (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44130 Astronautik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500115 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | unregelmäßig |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Ernst Messerschmid<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten haben einen vertieften Einblick in die Subsysteme einer Raumstation, deren Nutzung und Auslegungsaspekte unter den besonderen Anforderungen eines bemannten Systems. Sie kennen die Motivationen und den Umsetzungsverlauf von Missionen der bemannten Erforschung im Weltraum.<br>Dies schließt Raumstationen im niedrigen Erdorbit und Explorationsmissionen darüber hinaus mit ein. Die Studenten sind mit dem konzeptionellen Vorentwurf und den Werkzeugen des Systems Engineering auf diesem Niveau vertraut. |
| 13. Inhalt: | • Historische, aktuelle und zukünftige Missionen<br>• Motivation und Ziele der bemannten Exploration<br>• Subsysteme eines Raumfahrzeugs bzw. einer Raumstation und Raumtransportelemente<br>• Systems Engineering<br>• Risikoanalyse<br>• Human Factors<br>• Orbitmechanik |
| 14. Literatur: | Buch „Raumstationen" bzw. „Space Stations" (Autor Ernst Messerschmid, Reinhold Bertrand), Vorlesungsfolien, Skript |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441301 Vorlesung Raumstationen - Systeme und Nutzung<br>• 441302 Vorlesung Astronautics and Space Exploration |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Raumstationen - Systeme und Nutzung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 42 h)<br>Astronautics and Space Exploration, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium:42 h)<br>Praktikum und Training zu Rendezvous und Docking an Raumstationen: 16 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 2 h)<br>Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt: 24 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 10 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 84 h, Selbststudium: 96 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44131 Astronautik (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 56080 Ausgewählte Praktika in der Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500200 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | unregelmäßig |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Stefan Belz<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden wissen beispielhaft anhand von zwei Praktika, die aus 3 Angeboten zu wählen sind, wie raumfahrtspezifische Grundlagen angewandt werden und können sich nach Vorgaben selbstständig darauf vorbereiten. Die Studierenden können am Ende den Umgang und das Verhalten der betrachteten technischen Systeme erklären und bewerten bzw. haben anwendungsbezogene Kenntnisse der objektorientierten Programmierung. |
| 13. Inhalt: | 2 aus 3 der angebotenen Praktika:<br>• Praktikum und Training zu Rendezvous und Docking an Raumstationen:<br>Im Rahmen des Praktikums lernen die Studierenden anhand des Sojus-Raumflugsimulators den praktischen Betrieb und Bedienung |

| | |
|---|---|
| | eines Raumschiffes während verschiedener Flugmanöver kennen. Zunächst wird das im Studium erworbene Wissen über Bahnmechanik vertieft und erweitert. Es werden detaillierte Informationen zum Sojus-Raumschiff und seinen Systemen vermittelt. Unter Anleitung wird das erworbene Wissen anschließend in individuellen Trainingseinheiten am Simulator praktisch umgesetzt. Es wird der Umgang mit üblichen komplexen Prozeduren trainiert und dabei die audiovisuelle Wahrnehmung, das räumliche Vorstellungsvermögen und die motorischen Fähigkeiten verbessert.<br><br>• Programmieren eines Raumfahrzeugs für den Soyuz Simulator: Im Rahmen einer Gruppenarbeit werden die Studierenden an die Programmierung mit C++ herangeführt. Im Laufe der Veranstaltung entwickeln die Teilnehmer in Kleingruppen eigenständig ein Raumfahrzeug für die Software Orbiter Spaceflight-Simulator und erhalten abschließend die Gelegenheit, ihr Fahrzeug im Soyuz Simulator zu testen.<br><br>• Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt: In diesem Praktikum bereiten die Studierenden autodidaktisch verschiedene Experimente zum praktischen Umgang mit Brennstoffzellen und Festkörperelektrolyt-Sensoren vor, führen diese durch und werten die Ergebnisse aus. Während der Vor- und Nachbereitungszeit werden Sprechstunden mit den Dozenten angeboten. |
| 14. Literatur: | Praktikumsunterlagen<br>(werden bei der Einführungsveranstaltung verteilt) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 560801 Praktikum und Training zu Rendezvous und Docking an Raumstationen<br>• 560802 Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Praktikum und Training zu Rendezvous und Docking an Raumstationen: 45 h (Präsenzzeit: 20 h, Selbststudium: 25 h)<br><br>Praktikum zum Programmieren eines Raumfahrzeugs für den Soyuz Simulator: 45 h (Präsenzzeit: 15 h, Selbststudium: 30 h)<br><br>Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt: 45 h (Präsenzzeit: 15 h, Selbststudium: 30 h)<br><br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 30-35 h, Selbststudium: 50-55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 56081 Ausgewählte Praktika in der Raumfahrt (BSL), mündliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Soyuz-Simulator, Experimentelle Komponenten für Praktika |
| 20. Angeboten von: | Institut für Raumfahrtsysteme |

# Modul: 44140 Autoflight und Air Traffic Management

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900115 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Arne Altmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studierende kennen<br>• Funktion und Aufbau eines realen Autoflight- und Displaysystems eines modernen Verkehrsflugzeugs,<br>• Grundlagen zu Air Traffic Management,<br>• Grundlagen zur Flugplanung. |
| 13. Inhalt: | Allgemeine Grundlagen zu<br>• Air Traffic Management,<br>• Systemen wie Autopilot, Flight Director, Flight Management, Navigation,<br>• Situations Awareness neuer Displaykonzepte,<br>• Flugplanung, Take-Off-Performance.<br>Praktische Einführung/Grundlagen zum Airbus-Autoflight-Simulator mit Sichtsystem am ILS.<br>Durchführen von Übungen am Simulator. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung, Präsentationsfolien Airbus Industries: „Flight Crew Operating Manual - FCOM - A320" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441401 Seminar Autoflight und Air Traffic Management<br>• 441402 Freie Übungen am Simulator |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h, (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44141 | Autoflight und Air Traffic Management (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 44150 Bahnmechanik für Raumfahrzeuge

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500116 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse über die verschiedenen bahnmechanischen Aspekte in der Raumfahrttechnik. Sie kennen die verschiedenen Störeinflüsse und können ihre Auswirkungen auf Satellitenbahnen abschätzen. Sie kennen besonders ausgezeichnete Bahnen für spezielle Raumfahrtanwendungen und können den benötigten Antriebsbedarf zum Erreichen dieser Bahnen für verschiedene Szenarien abschätzen. Sie wissen wie prinzipiell aus einfachen Beobachtungen die Bahnelemente bestimmt werden. Außerdem kennen sie die gängigsten Methoden, die in Computerprogrammen für bahnmechanische Rechnungen implementiert sind. |
| 13. Inhalt: | • Einleitung, Definitionen und Konstanten<br>• Bewegungsgleichung (Zwei-Körper-Problem , Dreikörper- und n-Körper-Problem, Darstellung von Satellitenbahnen - Bahnelemente) |

| | |
|---|---|
| | • Grundlegende Anwendungen (Keplergleichungen für elliptische, parabolische und hyperbolische Bahnen, Positionsvektoren Sonne, Mond und Planeten, Sonnenaufgang und -untergang, Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse von Satelliten<br>• Lösungen der Keplergleichung (elliptische parabolische und hyperbolische Bahnen, Schattenphasen von Satelliten)<br>• Bestimmung von Bahnelementen aus Beobachtungen (Beobachtungstransformationen, Datenaufnahme)<br>• Störungen der Keplerbewegung (Lösungsansätze auf der Basis der Bewegungsgleichung, Variation der Bahnelemente, Störungen durch Gravitationspotential, Restatmosphäre, Drittkörper, solaren Strahlungsdruck, relativistische Störung)<br>• Manöver zur Bahnänderung (planare und nicht-planare Manöver , Startfenster, kombinierte Manöver , Rendezvous- und Andockmanöver Bahnen mit endlichen Schubphasen, Gravity-Assist)<br>• Bahnmechanik in der Missionsauslegung (Orbit Design Prozess, Erdabdeckung , Sonnensynchrone Bahnen, Bahnen mit sich wiederholender Bodenspur, etc.)<br>• Interplanetare Bahnen (Mondbahnen, Marsbahnen, etc. ) |
| 14. Literatur: | • S. Fasoulas: Manuskript zur Vorlesung Bahnmechanik für Raumfahrzeuge, jährlich aktualisiert<br>• ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441501 Vorlesung Bahnmechanik für Raumfahrzeuge<br>• 441502 Praktikum zur Bahnmechanik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Bahnmechanik für Raumfahrzeuge, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 42 h)<br>Praktikum zur Bahnmechanik: 20 h (Präsenzzeit: 7 h, Selbststudium: 13 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 35 h, Selbststudium: 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44151 Bahnmechanik für Raumfahrzeuge (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 57980 Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400195 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | •<br>• Sebastian Hollmeier<br>• Frank Mösta |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Airline Operations (Blockveranstaltung,1 SWS):<br>• Die Studierenden kennen die verschiedenen Geschäftsmodelle von Fluglinien.<br>• Die Studierenden verstehen aktuelle Herausforderungen der Fluglinien<br>• Die Studierenden verstehen Preisgestaltung, Streckenangebot und die Beschaffung von Flugzeugen aus Sicht der Fluglinien<br>Aircraft Engine Business (Blockveranstaltung 1 SWS):<br>• Die Studierenden verstehen die ökonomischen Grundlagen der Triebwerksindustrie.<br>• Die Studierenden verstehen die Geschäftsmodelle der Triebwerksindustrie.<br>• Die Studierenden verstehen aktuelle Trends in der Triebwerksindustrie.<br>Business Simulation Luftfahrtindustrie (1 SWS, jedes Semester, Blockveranst.)<br>• Die Studierenden haben das Zusammenspiel von Passagierbedarf,<br>• Angebot der Fluglinien, Flugzeug- und Triebwerkshersteller in einem gegebenen Markt verstanden.<br>• Die Studierenden haben die Schwierigkeit erlebt Geschäftsentscheidungen zu treffen.<br>• Die Studierenden haben verschiedene Rollen in einem gegebenen Markt eingenommen. |
| 13. Inhalt: | Airline Operations (Blockveranstaltung,1 SWS): |

- Ökonomische Grundlagen für Fluglinien
- Auswahl von Strecken
- Auswahl von Flugzeugen
- Konkurrierende Geschäftsmodelle von Fluglinien
- Preiselastizität
- Revenue Management

Aircraft Engine Business (Blockveranstaltung 1 SWS):

- Markt und Marktsegmente von Triebwerken
- Business Case und Investitionsentscheidungen bei der Triebwerksentwicklung
- Zusammenspiel Fluzeug - Triebwerk
- Entwicklungsprogramm
- Bedeutung des Aftermarkets bei Flugtriebwerken

Business Simulation Luftfahrtindustrie (1 SWS, jedes Semester, Blockveranst.)

- Einführung in den Spielablauf
- Einnehmen der Rollen
- Durchspielen eines für die Luftfahrtindustrie typischen Zeitraumes
- Diskussion der Ergebnisse
- Diskussion der Entscheidungen der Marktteilnehmer
- Diskussion der Verhandlungen der Marktteilnehmer

14. Literatur:

Foliensätze der Dozenten

Materialien zur Business Simulation

Holloway: „Straight and Level: Practical Airline Economics“, Ashgate (optional)

15. Lehrveranstaltungen und -formen:

- 579801 Vorlesung Airline Operations
- 579802 Vorlesung Aircraft Engine Business
- 579803 Seminar Business Simulation Luftfahrtindustrie

16. Abschätzung Arbeitsaufwand:

Airline Operations (Präsenzzeit: 14 hr, 31 hr Selbststudium)

Aircraft Engine Business (Präsenzzeit: 14 hr, 31 hr Selbststudium)

Business Simulation Luftfahrtindustrie (Präsenzzeit: 28 hr, 62 hr Selbststudium)

17. Prüfungsnummer/n und -name:

- 57981 Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0, Klausur (je 30 Minuten) zu den Vorlesungen Airline Operations und Aircraft Engine Business Gewichtung: 50:50
- 57982 Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie (USL), schriftliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0

18. Grundlage für ... :

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 44170 CFD-Programmierseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Claus-Dieter Munz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen einen Überblick über die praktische Implementierung numerischer Verfahren, die in aktuellen Strömungsmechanik- Rechenprogrammen benutzt werden. Die Studierenden sind in der Lage, einzelne Programmteile selbst zu modifizieren und das Rechenprogramm zu validieren. Sie können die Qualität und die Genauigkeit der erzielten numerischen Ergebnisse beurteilen. |
| 13. Inhalt: | Diese Vorlesung behandelt die Umsetzung der numerischen Verfahren der Strömungsmechanik in Rechenprogramme. Zunächst wird mit einem vorgegebenen Rechenprogramm, einem Finite-Volumen-Verfahren für kompressible Strömungen auf einem unstrukturierten Gitter, eine Keilströmung simuliert. Danach kann man selbst Teile des Programms mit entwickeln und validieren. So werden in einem Projekt verschiedene Flussfunktionen programmiert und untersucht oder auch eine Erweiterung auf die Genauigkeit 2. Ordnung ausgeführt. Eigene Programmierung, Validierung und Anwendung des modifizierten Programms unter Anleitung sind die wesentlichen Aktivitäten in dieser praktischen Lehrveranstaltung. In Rahmen von Kurzvorträgen wird über die Ergebnisse berichtet. |
| 14. Literatur: | |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 441701 Seminar CFD-Programmierseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenszeit 35 h, Selbststudium 55 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44171 | CFD-Programmierseminar (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 44180 Chemische Raumfahrtantriebe I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500102 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefan Schlechtriem |
| 9. Dozenten: | Stefan Schlechtriem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben vertiefende Kenntnisse der chemischen Raumfahrtantriebe. Sie können die Betriebszyklen von Raketentriebwerken unterscheiden sowie interpretieren und kennen den Einfluss wesentlicher Geometrie-, Treibstoff- und Prozessparameter auf ihre Leistung. Sie wissen, wie sich durch Änderungen der Treibstoffkombination die Triebwerkseigenschaften beeinflussen lassen, z.B. im Hinblick auf die Treibstoffförderung und - aufbereitung, die Zündung oder die Verbrennung. Sie kennen die wesentlichen Komponenten und Leistungskennzahlen eines Triebwerks und können die Komponenten für vorgegebene Betriebszyklen und Triebwerksleistungen auslegen. |
| 13. Inhalt: | • Triebwerksprozesse und -komponenten von Flüssigkeitsantrieben<br>• Treibstoffarten und Treibstoffförderung<br>• Treibstoffeinspritzung und -aufbereitung, Zündung |

| | |
|---|---|
| | • Treibstoffumsetzung und Verbrennungsinstabilitäten<br>• Wärmelasten und Kühlung, Wandmaterialien und Bauweisen<br>• Düsenströmung<br>• Betriebszyklen von Triebwerken |
| 14. Literatur: | Skripte zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441801 Vorlesung Chemische Raumfahrtantriebe I<br>• 441802 Übungen Chemische Raumfahrtantriebe I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Chemische Raumfahrtantriebe I, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h,Selbststudium: 32 h)<br>Chemische Raumfahrtantriebe I, Übungen: 30 h (Präsenzzeit: 14 h,Selbststudium: 16 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 32 h, Selbststudium: 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44181 Chemische Raumfahrtantriebe I (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44190 Chemische Raumfahrtantriebe: ausgewählte Kapitel

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500103 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Nach Ankuendigung |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefan Schlechtriem |
| 9. Dozenten: | Stefan Schlechtriem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Erfolgreicher Abschluss des Moduls<br>Chemische Raumfahrtantriebe I (060500102) wünschenswert, jedoch nicht Voraussetzung |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen im Einsatz befindliche Triebwerke und deren Komponenten, ihre jeweiligen Leistungs- und Belastungsgrenzen sowie die Gründe für diese Grenzen. Sie wissen welche wesentlichen thermischen, fluiddynamischen, mechanischen und verfahrenstechnischen Grundlagen bzw. Randbedingungen bei der Auslegung und Herstellung der Komponenten von realen Triebwerken beachtet werden müssen. Sie kennen die Verbindung zwischen den Komponenten und wissen, wie sich Änderungen auf das Gesamtsystem eines Triebwerks auswirken. Sie kennen die wesentlichen Bauweisen / Werkstoffe zur Herstellung der Triebwerkskomponenten und können sie Triebwerken zuordnen. |
| 13. Inhalt: | • Überblick Raumtransportsysteme und Landetechnologien |

| | |
|---|---|
| | • Überblick Feststoffantriebe und Flüssigtreibstofftriebwerke<br>• Europäische und russische Träger und Triebwerkssysteme<br>• Aspekte zur Auslegung von Turbomaschinen<br>• Schubkammeraufbau, Materialien und Produktion<br>• Strukturmechanische Aspekte im Triebwerksdesign |
| 14. Literatur: | Skripte zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 441901 Vorlesung Chemische Raumfahrtantriebe II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit: 28 h,Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44191 Chemische Raumfahrtantriebe: ausgewählte Kapitel (BSL), schriftlich oder mündlich, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44200 Composites modelling

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Anthony Pickett |
| 9. Dozenten: | Anthony Pickett |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • The student will gain an understanding of basic and advanced Finite Element methods, and be to apply these methods to Stiffness, failure, impact and crash applications for composite materials.<br>• A theoretical and practical introduction to methods used for numerical modelling of composites infusion and draping processes will be given so that simple problems may be analysed.<br>• The student will be able to predict mechanical properties from an understanding of micro-mechanics.<br>• Laminate analysis theory will allow him/her to undertake structural analysis and predict effects such as distortions from cure shrinkage |
| 13. Inhalt: | Basics of the finite element methods:<br>• Theory, linear, geometric and materials non-linearity for Implicit analysis<br>• Element formulations<br>• Advanced FE topics including explicit analysis, element integration<br>• Techniques applied to linear, failure, impact and crash analysis<br>• Composites laminate analysis: theory and practice.<br>• Micro-mechanics of composites<br>• Process simulation: Infusion, draping<br>• Optimisation methods applied to numerical simulation |
| 14. Literatur: | Skript<br>Process Modeling in Composites Manufacturing, Second Edition Suresh G. Advani, CRC Press. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442001 Vorlesung und Übung Composites modelling |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44201 Composites modelling (LBP), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44210 Deformationsanalyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062300083 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Volker Schwieger |
| 9. Dozenten: | Volker Schwieger |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können Verschiebungen und Deformationen nach statistischen Methoden bestimmen und analysieren. Dabei werden random-walk, kinematische, statische und dynamische Modelle beherrscht. Des Weiteren verstehen die Studierenden die Konzepte von Sensitivität und Trennbarkeit. |
| 13. Inhalt: | • Deformationsanalyse im Kongruenzmodell: Zwei- und Mehr-Epochenvergleich, Globaltest, Hypothesentests zur Lokalisierung von Deformationen<br>• Kinematische Deformationsanalyse<br>• Kalman-Filter in der Deformationsanalyse<br>• Statische und dynamische Analyse, Stress und Strain, Integration dynamischer Systeme in das Deformationsmodell<br>• Sensitivität und Trennbarkeit von Überwachungsmessungen |
| 14. Literatur: | Welsch, W., Heunecke, O., Kuhlmann, H.: Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen. Grundlagen, Methoden, Modelle. In: Möser, Müller, Schlemmer, Werner (Hrsg.): Handbuch Ingenieurgeodäsie, H. Wichmann Verlag, Heidelberg, 2000. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442101 Vorlesung Deformationsanalyse<br>• 442102 Übung Deformationsanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Deformationsanalyse, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Deformationsanalyse, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44211 Deformationsanalyse (BSL), mündliche Prüfung, 15 Min., Gewichtung: 1.0 |

| | |
|---|---|
| • V | Vorleistung (USL-V), schriftlich, eventuell mündlich |

18. Grundlage für ... :

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 44220 Differenzenverfahren hoher Genauigkeit

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110122 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, Finite-Differenzen-Verfahren zu verstehen, anzuwenden und zu entwerfen, besonders unter dem Aspekt hoher Lösungsgenauigkeit und Stabilität. |
| 13. Inhalt: | Gewöhnliche Differentialgleichungen (G-DGLs) Revisited<br>• Optimierungsstrategien für hohe Genauigkeit: Low Dissipation/ Dispersion<br>• Diagrammkatalog I: Stabilitätsbereiche und Lösungseigenschaften von G-DGL-Lösern (Zeitintegrationsverfahren für P-DGLs)<br>• Gleichungssysteme: Steifigkeit, inhärente Instabilität, direkte Verfahren<br>Partielle Differentialgleichungen (P-DGLs)<br>• Differenzieren: kompakte Finite Differenzen, Fourier-Spektralmethode<br>• Parabolische DGL: Viskoses Zeitschritt-Limit, Genauigkeitsoptimierung, Instabilitätsursachen<br>• Hyperbolische DGL: Konvektives Zeitschritt-Limit, Genauigkeitsoptimierung, Instabilitätsursachen<br>• Philosophie der 4 Verfahrens-Grundtypen: Dämpfung, Upwind-Verfahren, McCormack-Typ-Verfahren, Filterung/De-Aliasing<br>• Diagrammkatalog II: Eigenschaften ausgewählter FD-Zeitschrittverfahren hoher Genauigkeit für die Advektions-/ Diffusionsgleichung<br>• Gittertransformation: grundlegende Vorgehensweisen, Genauigkeitsanalysen |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>A robust high-resolution split-type compact FD-scheme for spatial direct numerical simulation of boundary-layer transition. M.J. Kloker, Applied Scientific Research 59 (4), 1998, pp. 353-377.<br><br>Direct numerical simulation of noise-generation mechanisms in the mixing layer of a jet. A. Babucke, doctoral thesis, Dr. Hut, Munich, 2009. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442201 Vorlesung FD-Verfahren hoher Genauigkeit |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudiumszeit:62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44221 Differenzenverfahren hoher Genauigkeit (BSL), mündliche Prüfung, 25 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44230 Digitale Bildverarbeitung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 62200138 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Norbert Haala |
| 9. Dozenten: | • Norbert Haala<br>• Michael Cramer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden verfügen über Kenntnisse für die digitale Erfassung und Prozessierung von Bilddaten. Sie kennen die mathematischen Grundlagen der grundlegenden Verfahren der Bildvorverarbeitung und -analyse und können diese algorithmisch umsetzen. Sie sind in der Lage grundlegende automatische Bildauswerteverfahren für die 3D Objekterfassung zu nutzen. Die Studierenden verfügen über Kenntnisse der geometrischen Objektrekonstruktion aus Bilddaten und mathematisch geometrischen Grundlagen der Bildauswertung. |
| 13. Inhalt: | • Erfassung und Repräsentation digitaler Bilder<br>• optische Abbildung, geometrische Umbildung<br>• Bildvorverarbeitung, Bildverbesserung<br>• Faltung und Filterung im Orts- und Frequenzraum<br>• Bildzuordnung für die geometrische Bildauswertung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung, MATLAB-Demos<br>Gonzales,R. & Woods,R. (2002) Digital Image Processing, Prentice Hall<br>Jähne, B. (2005) Digitale Bildverarbeitung, Springer, Hartley and Zisserman , Multiple View Geometry in Computer Vision, Cambridge University Press |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442301 Vorlesung und Übung Bildverarbeitung<br>• 442302 Vorlesung und Übung Einführung in die projektive Geometrie |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Bildverarbeitung, Vorlesung und Übung: 126 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 84 h)<br>Einführung in die projektive Geometrie, Vorlesung und Übung: 54 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 40 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44231 Digitale Bildverarbeitung (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), schriftlich, eventuell mündlich |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44240 Digitale Strömungsvisualisierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110151 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | Ulrich Rist |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Die Studierenden kennen**<br>• die Visualisierungspipeline und deren Umsetzung in Softwarepaketen<br>• die physiologischen und psychologischen Aspekte der Datenvisualisierung<br>• die mathematischen und computergrafischen Grundlagen der Visualisierung<br>• grundlegende und spezielle Darstellungstechniken<br>• Techniken zur Daten- und zur Phänomenvisualisierung<br>• Verfahren zur Visualisierung, Extraktion und Verfolgung von Strömungsfeldstrukturen<br>• Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen ausgewählter Verfahren<br>• den Stand der Forschung im Bereich Visualisierung<br><br>**Die Studierenden sind in der Lage**<br>• Visualisierungsartefakte von Messfehlern oder Fehlern der Modellierung bzw. Simulation unterscheiden zu können<br>• Strömungsdaten in sinnvolle und verständliche Darstellungen umzusetzen und die dabei durchgeführten Schritte und möglichen Fehlerquellen zu verstehen |
| 13. Inhalt: | Die Vorlesung soll eine Einführung in die Visualisierung numerischer Strömungsfelder geben. Grundlage ist die Darstellung dreidimensionaler |

| | |
|---|---|
| | instationärer Daten, die entweder als Ergebnis numerischer Berechnungen oder als Messwerte diskret im Raum und in der Zeit vorliegen. |
| 14. Literatur: | • F.H. Post, Th. v. Walsum: Fluid Flow Visualization; in: H. Hagen, H. Müller, G.M. Nielson (Eds.): Focus on Scientific Visualization, Springer Verlag, 1993<br>• G.M. Nielson, H. Hagen, H. Müller: Scientific Visualization, Overviews, Methodologies, and Techniques, IEEE Computer Society, 1997<br>• J. Stary: Visualisieren, ein Studien- und Praxisbuch, Cornelsen Scriptor, Berlin, 1997<br>• Kopien der Folien (auch elektronisch) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442401 Vorlesung Digitale Strömungsvisualisierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h,<br>Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44241 Digitale Strömungsvisualisierung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44250 Digitaler Produktentwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen digitale Abbilder des Produktlebenszyklus, d.h. digitale Modellierung aller Daten vom Ingenieurentwurf bis hinein in die Digitalen Fabrik, kennen und vergleichend zu bewerten. Zugehörige Paradigmen des Model-Driven Engineering und des Knowledge-based Engineering können unter dem Gesichtspunkt einer modernen Konstruktionsmethodik mit modernen Methoden des Digital Engineering diskutiert werden. Zudem ist ein Überblick auf Forschungsthemen im Digital Engineering vorhanden. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen, eine Fähigkeitsanalyse existierender wissensbasierter Lösungen, z.B. des<br>• knowledge-based engineering in CAD-Systemen (z.B. CATIA Templates, Regeln)<br>• model-based engineering in numerischen Tools (z.B. Matlab/Simulink Modellierung) vergleichend zu analysieren und kritisch zu bewerten. Hierzu werden die notwendigen Grundlagen über Begriffssysteme (Ontologien) bereitgestellt: |

| | |
|---|---|
| | • Begriffshüllen in Entwurfssprachen<br>• Formale Begriffsanalyse (Begriff: Inhalt, Umfang)<br>• Vokabel- und Regelbegriff in Ontologien<br>• Entwurfsformalisierung in Entwurfssprachen (Entwurfstransformationen, M2M, M2T)<br>• Fertigungsformalisierung in Entwurfssprachen (Fertigungstransformationen, M2M, M2T)<br>• Erstellung und Analyse eigener und fremder Entwurfssprachen (Satellit, Flugzeug)<br>• Vergleich zur Informatik: (UML, SysML, Code-Generierung) und vermittelt. |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Russel, Norvik, Artificial Intelligence,<br>Weilkins, T.: Systems Engineering with SysML/UML.<br>Dpunkt Verlag, 2006. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442501 Vorlesung mit integrierten Übungen Digitaler Produktentwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenszeit 28h, Selbststudium 62h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44251 Digitaler Produktentwurf (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44260 Dimensionsanalyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700302 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Volker Simon |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die verschiedenen Einheitensysteme.<br>• Die Studierenden verstehen die Aussage des Pi-Theorems.<br>• Die Studierenden können eine Dimensionsmatrix aufstellen und die dimensionslosen Gruppen bestimmen.<br>• Die Studierenden wissen, wie man die Modelltheorie anwenden muss.<br>• Die Studierenden wissen, was man unter einer Ähnlichkeitslösung versteht. |
| 13. Inhalt: | • Einheitensysteme<br>• Dimensionsformel und Bridgeman-Gleichung<br>• Buckingham (Pi) Theorem<br>• Wahl des Basisgrößenssystems<br>• Modelltheorie<br>• Ähnlichkeitslösungen |
| 14. Literatur: | • V. Simon: Dimensionsanalyse, Skript<br>• J.H. Spurk, Dimensionsanalyse in der Strömungslehre, Springer-Verlag<br>• H. Görtler, Dimensionsanalyse, Springer-Verlag |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442601 Vorlesung Dimensionsanalyse<br>• 442602 Seminar Dimensionsanalyse |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dimensionsanalyse, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Dimensionsanalyse, Seminar (freiwillig): 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 84 h (28 h Präsenzzeit, 56 h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44261 Dimensionsanalyse (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44270 Discontinuous-Galerkin-Verfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120133 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren:**<br>Die Studierenden besitzen grundlegende Kenntnisse über DG-Verfahren und verschiedene Implementierungsstrategien. Sie besitzen Kenntnis über die einzelnen nötigen Bausteine und können diese implementieren. Zudem haben sie eine Vorstellung über den allgemeinen Programmablauf.<br><br>**Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren:**<br>Die Studierenden besitzen einen Überblick über die Discontinuous-Galerkin-Verfahren welche aktuell Thema der Forschung sind. Die Studierenden haben eine Vorstellung über die Eigenschaften, das Potential und die Anwendbarkeit dieser Verfahren. Sie sind zudem in der Lage je nach Anwendung die richtige Variante des DG Verfahrens zu wählen. |
| 13. Inhalt: | **Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren:**<br>Es werden die wichtigsten Bausteine und Operatoren des DG-Verfahrens hergeleitet, implementiert und zur Verfügung gestellt. Besonderer Fokus liegt auf der Beurteilung der Effizienz verschiedener Varianten. Jeder Studierende erhält eine Programmieraufgabe im Kontext von DG-Verfahren welche mit einer beliebigen Programmiersprache umgesetzt werden soll.<br><br>**Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren:**<br>Nötige mathematische Grundlagen wie etwa Interpolation und Projektion bilden die Grundlage der Vorlesung. Anhand eines 1D Problems wird das |

| | |
|---|---|
| | DG-Vefahren hergeleitet und die nötigen Bausteine erläutert. Ausgehend davon, wird das DGVerfahren für mehrere Dimensionen hergeleitet und verschiedene Varianten konstruiert und diskutiert. Fokus liegt dabei auf Diskretisierungen mit<br>Dreiecksgittern und Viereckgittern, wobei auch die Approximation mit gekrümmten Elementen diskutiert wird. Die Umsetzung des Verfahrens in einem Rechenprogramm wird erläutert und den Studierenden zur Verfügung gestellt. |
| 14. Literatur: | Ein Skript wird zur Verfügung gestellt.<br>„Nodal Discontinuous Galerkin Methods" von Jan Hesthaven und Tim Warburton<br>„Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations" von David Kopriva<br>Weitere Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442701 Vorlesung Konstruktion von Discontinuous Galerkin Verfahren<br>• 442702 Vorlesung Programmierung von Discontinuous Galerkin Verfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Konstruktion von Discontinuous Galerkin Verfahren: 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Programmierung von Discontinuous Galerkin Verfahren: 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44271 Discontinuous-Galerkin-Verfahren (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44280 Effizient programmieren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110114 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manuel Keßler |
| 9. Dozenten: | Manuel Keßler |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Programmiererfahrung mit größeren Codes, vorzugsweise in C/C++ und/ oder Fortran |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind in der Lage, große Programmsysteme strukturiert und systematisch weiter zu entwickeln, wie es beispielsweise für eine Masterarbeit oder Promotion erforderlich sein könnte. Insbesondere steht dabei die effiziente Ausführung auf HPC-Systemen mit im Vordergrund. |
| 13. Inhalt: | • Arbeitsumgebung, nützliche Tools in der automatischen Entwicklung<br>• Fehlersuche und Dokumentation<br>• Codemanagement<br>• Hardwarebesonderheiten<br>• Parallelisierung<br>• Wiederverwendung<br>• Objektorientierung und UML<br>• Python und C++<br>• GPU-Programmierung |
| 14. Literatur: | Skript „Effizient programmieren" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442801 Vorlesung Effizient programmieren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 45 h, Selbststudium 45 h, Projekt und Präsentationsvorbereitung 90 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44281 Effizient programmieren (LBP), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, Benotetes Kurzprojekt mit Vortrag (20 min.) |
| 18. Grundlage für ... : | |

| | |
|---|---|
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Aerodynamik von Luft- und Raumfahrzeugen |

# Modul: 44290 Effiziente Energiewandlung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400002 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | • Stephan Staudacher<br>• Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Bereich Fluidenergiemaschinen:<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die in der Energiewandlung verwendeten Fluidenergiemaschinen<br>• Die Studierenden kennen die Vergleichsprozesses, Kennlinien und Kenngrößen von Fluidenergiemaschinen.<br>• Die Studierenden haben die Bauformen, Bauelemente und Einsatzbereiche der einzelnen Fluidenergiemaschinen verstanden.<br>Bereich Windenergie:<br>• Studierende erlangen Kenntnisse über die Grundlagen der Windenergienutzung insbes. durch netzgekoppelte Windenergieanlagen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage eine elementare Auslegung von Windenergieanlagen auszuführen unter der Berücksichtigung der lokalen Windpotenzials, des aerodynamischen, mechanischen und elektrischen Anlagenkonzepts sowie deren Regelung und Betrieb im elektrischen Netz.<br>• Ebenfalls können die Wirtschaftlichkeit sowie Aspekte der Energiepolitik und des Natur- u. Umweltschutzes beurteilt werden. |
| 13. Inhalt: | Grundlagen der Fluidenergiemaschinen:<br>• Begriffsdefinition, Vergleichsprozesse, Kenngrößen<br>• Strömungsmaschinen<br>• Verdrängungsmaschinen<br>• Kennlinien<br>• Bauformen und Bauelemente<br>• Einsatzgebiete<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |

| | |
|---|---|
| | Windenergienutzung I<br><br>• Einleitung, Historie & Potenziale,<br>• Windbeschreibung für Ertragsberechnung, Standortwahl und Windparkaspekte<br>• Typologie und Funktion von Windenergieanlagen<br>• Aerodynamische Auslegung und Blattelement-Impulstheorie<br>• Kennlinien und Leistungsbegrenzung,<br>• Konstruktiver Aufbau: 1. Mechanik, 2. Elektrisches System und Regelung,<br>• Dynamische Belastungen<br>• Offshore-Windenergieanlagen<br>• Wirtschaftlichkeit, Energiepolitische Fragen<br><br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen sowie der Hochlauf-versuch im Böenwindkanal angeboten bzw. durchgeführt. Die Bearbeitung der Hausübungen<br>sowie die Auswertung des Versuchs erfolgt in Kleingruppen und sind freiwillig. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Begleitbuch: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner, 6. Aufl. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442901 Vorlesung Grundlagen der Fluidenergiemaschinen<br>• 442902 Übung Grundlagen der Fluidenergiemaschinen<br>• 442903 Vorlesung Windenergienutzung I<br>• 442904 Übung Windenergienutzung I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Grundlagen der Fluidenergiemaschinen, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Windenergienutzung I (WEN I), Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44291 Effiziente Energiewandlung (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44320 Ein- und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120303 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Uwe Iben |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• Wissen, was Mehrphasenströmungen sind<br>• Wissen, was Kavitation ist<br>• Wissen, was Luftausgasung ist<br>• Wissen, wie man Modelle für Phasenübergang und Luftausgasung erstellt und anwendet<br>• Verstehen, warum Strömungsmechanik und Thermodynamik so eng miteinander verbunden sind<br>• Wissen, was Zustandsgleichungen für Flüssigkeiten sind<br>• Wissen, wie man für technische Fragestellungen, bei denen Mehrphasenströmungen zugrunde liegen, Lösungsansätze findet.<br>Hierzu gibt es verschiedene Beispiele unterschiedlicher Komplexität. |
| 13. Inhalt: | Grundlagen der Strömungsmechanik<br>• Hydrostatik<br>• Zugspannungen in Flüssigkeiten<br>• Kräfte auf Wände<br>• Fliessverhalten<br>• Strömungsformen<br>• Kompressibilität, Schallgeschwindigkeit<br>Kompression und Expansion von kompressiblen Flüssigkeiten<br>• Zustandsänderungen |

| | |
|---|---|
| | Grundgleichungen der Strömungsmechanik<br>• Navier-Stokes-Gleichungen<br>• Eindimensionale Erhaltungsgleichungen<br>• Das p-System<br>• Unstetige Querschnittsänderungen<br>• Numerische Berechnung des Verlustbeiwertes<br>Anwendung der Grundgleichungen<br>• 6 Beispiele aus verschiedenen industriellen Anwendungen<br><br>Zweiphasenströmungen<br>• Modellierung von kavitierenden Strömungen<br>• Barotrope Zweiphasenströmungen<br>• Homogene Gleichgewichtszweiphasenströmung<br>• Inhomogene Zweiphasenströmungen<br>• Stoffübergang an der Phasengrenze<br>• Verdampfen und Kondensieren von reinen Flüssigkeiten<br>• Numerische Auswertung<br>• Blasendynamik<br>• Luftgehalt in Flüssigkeiten<br>• Stossfronten im Zweiphasengebiet<br>• Koaliszenz von zwei Luftblasen in Flüssigkeit<br>• Fluid-Partikel-Strömungen<br>• Reibungsmodelle für 1D-Strömungsmodelle<br>• Eigenfrequenz hydraulischer Systeme |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Foliensatz der Vorlesung wird zur Verfügung gestellt, weiterhin wird ein Skript auf folgender Seite bereitgestellt: http://www.iag.unistuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html<br>Bücher:<br>Clift, Grace, Weber. Bubbles, Drops and Particles. Dover<br>Frohn, Roth. Dynamics of Droplets. Springer. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443201 Vorlesung Ein-und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44321 Ein- und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 57170 Einführung in die Finite Elemente Methode

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br><br>• kennen die wichtigsten theoretischen Grundlagen zur Modellierung mechanischer Strukturen mit Finiten Elementen,<br>• können die Gleichgewichtsbedingungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen, lösen und auswerten. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | - Grundlagen und Anwendungen von Finite-Elemente-Modellen,<br>- Stab-, Balken- und Stab-Balken-Element,<br>- Thermische Lasten und Vorspannung,<br>- Elemente aus Mehrkörpersystemen,<br>- Koordinatentransformationen bei Finiten Elementen,<br>- Zusammenstellung von Gesamtmodellen,<br>- Nachlaufrechnung. |
| 14. Literatur: | • Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 2002<br>• Munz, C.-D.; Westermann, T.: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen. 2. Aufl. Dordrecht [u.a.]: Springer, 2009<br>• Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.: The finite element method for solid and structural mechanics. 6. Aufl., Nachdruck. Amsterdam [u.a.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006<br>• Skript<br>• zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung mit Übungen: 90 h<br>(Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57171 Einführung in die Finite Elemente Methode (BSL), schriftliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | • 45660 Finite Elemente in der Statik und Dynamik<br>• 45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D<br>• 49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II<br>• 49620 Modellbildung für Finite Elemente I<br>• 49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)<br>• 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)<br>• 49660 Nichtlineare Finite Elemente<br>• 49670 Seminar Angewandte Finite Elemente |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 44300 Einführung in die Hubschraubertechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311107 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | Maged Sorour |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen die wesentlichen Grundlagen des Hubschraubersystems, seine Bauweisen, flugmechanisches Verhalten, Anwendungsgrenzen Die Studierenden sind vertraut mit dem Entwicklungsprozess eines Hubschraubers vom Vorentwurf, Lastannahmen, Anforderungen, Zulassungsvorschriften, Strukturauslegung, Festigkeitsnachweis, Materialien, Fertigung bis zum Versuch und Erprobung. |
| 13. Inhalt: | • Hubschrauberflugmechanik -Konzepte, Rotor- und Antriebssysteme.<br>• Hubschrauberlastannahmen und Zulassungsvorschriften.<br>• Hubschraubervorentwurf, Strukturauslegung und Festigkeitsnachweis.<br>• Werkstoffe, Fertigung und Flugerprobung. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung, Ergänzende Vortragsfolien<br>Just, W.: Einführung in die Hubschraubertechnik |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443001 Vorlesung und begleitende Übungen Einführung in die Hubschraubertechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h(Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44301 Einführung in die Hubschraubertechnik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44310 Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700304 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Andreas Dreizler |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Unterschiede der Quantenmechanik zur klassischen Mechanik.<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen der Spektroskopie.<br>• Die Studierenden verstehen den mikroskopischen Aufbau der Materie.<br>• Die Studierenden kennen spektroskopische Methoden. |
| 13. Inhalt: | • Elektromagnetische Wellen - was ist Licht?<br>• Grundlagen der Quantenmechanik - wo liegen die Unterschiede zur klassischen Mechanik?<br>• Aufbau der Materie - Verstehen des mikroskopischen Aufbaus von Atomen und Molekülen<br>• Wechselwirkung zwischen Licht und Materie - die Grundlage der Spektroskopie<br>• Einige spektroskopische Methoden<br>• Resonante Prozesse<br>• Nicht-resonante Prozesse<br>• Nicht-lineare Effekte |
| 14. Literatur: | Gerd Wedler, Lehrbuch der Physikalischen ChemieVCH-Verlagsgesellschaft,<br>J. Michael Hollas, Modern Spectroscopy, John Wiley & Sons |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443101 Vorlesung Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |

| | |
|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44311 Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 48680 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ioannis Doltsinis |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Grundzüge der Elastostatik, finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den Eigenheiten elastisch-plastischen Verhaltens metallischer Werkstoffe bei monotoner wie auch bei wechselnder Beanspruchung vertraut, und kennen die mathematischen Ansätze zu dessen Beschreibung.<br>Sie wissen, die Festigkeitsreserven der plastischen Verformung bei der Bauteildimensionierung einzuschätzen.<br>Sie kennen die grundlegenden Verfahren zur Lösung elastisch-plastischer Probleme und sind in der Lage in bestimmten Fällen analytische Ansätze zu erarbeiten. |

| | |
|---|---|
| | Sie sind vertraut mit der Tragfähigkeit elastisch-plastischer Systeme und beherrschen die Methoden zu deren Abschätzung bzw. Eingrenzung.<br>Sie wissen über Versagen bzw. Anpassung des Tragwerks bei wechselnder Belastung Bescheid und können die Bedingungen für einen sicheren Einsatz festlegen.<br>Sie beherrschen die grundlegenden Algorithmen elastisch-plastischer Berechnungen mit finiten Elementen, können das numerische Verhalten der Lösung wie Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit ergründen und interpretieren. Ebenso die numerische Lösung mit Hilfe des vermittelten theoretischen Hintergrunds.<br>Sie kennen den Einfluss der Temperatur sowie der Zeit bei Werkstoffen mit viskosen Komponenten (Kriechen).<br>Sie wissen über die Signifikanz von endlichen Formänderungen für die Bauteilstabilität.<br>Sie sind mit der Modellierung von inelastischen Prozessen und mit deren numerischen Behandlung vertraut. |
| 13. Inhalt: | • Stoffverhalten und mathematische Ansätze<br>• Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua - Lösungsmethoden, Fallstudien<br>• Tragfähigkeit und ihre Abschätzung - Traglasttheoreme<br>• Wechselbelastung - Theorie der Anpassung<br>• Numerische Berechnungsverfahren - Algorithmen, numerisches Verhalten<br>• Einfluss von Temperatur und Zeit<br>• Signifikanz endlicher Formänderungen - Bauteilstabilität<br>• Modellierung und Simulation inelastischer Prozesse |
| 14. Literatur: | Ioannis Doltsinis, Elements of Plasticity - Theory and Computation, WIT Press Southampton 2000, 2nd edition 2010.<br>Ioannis Doltsinis, Large Deformation Processes of Solids, WIT Press Southampton 2004.<br>Zusammenfassende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 486801 Vorlesung und Übung Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 26 h, Selbststudium 64 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48681 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44330 Elastische/inelastische Lichtstreuung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700401 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Norbert Roth |
| 9. Dozenten: | • Norbert Roth<br>• Dietmar Zeh |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Prinzipien der geometrischen Optik.<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen der elastischen Lichtstreuung.<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen der inelastischen Lichtstreuung.<br>• Die Studierenden verstehen und beherrschen die elastische Lichtstreuung an sphärischen Partikeln. |
| 13. Inhalt: | • Partikel und Welleneigenschaften des Lichtes<br>• Brechung, Reflexion, Beugung<br>• Interferenzerscheinungen<br>• Nichtlineare Streueffekte<br>• Lichtstreuung an Tropfen Mie-Theorie |
| 14. Literatur: | Weiterführende und vertiefende Literatur:<br>- E. Hecht: Optik, Addison and Wesley, 1989<br>- van der Hulst<br>- Bohren and Huffman |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443301 Vorlesung Elastische/inelastische Lichtstreuung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44331 Elastische/inelastische Lichtstreuung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

| | |
|---|---|
| 19. Medienform: | Tafel, Overhead-Projektor, Folienpräsentation, Labortermine |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44340 Elektrische Raumfahrtantriebe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Georg Heinrich Herdrich |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse der elektrischen und unkonventionellen Raumfahrtantriebe. Sie kennen die physikalischen Grundlagen für ihren Betrieb und können die Betriebsparameter unterscheiden sowie interpretieren. Sie kennen den Einfluss wesentlicher Geometrie-, Treibstoff- und Prozessparameter auf ihre Leistung. Sie kennen die wesentlichen Komponenten und Leistungskennzahlen eines Triebwerks und können die Komponenten auslegen. Sie kennen im Einsatz befindliche Triebwerke und deren Komponenten, ihre jeweiligen Leistungs- und Belastungsgrenzen sowie die Gründe für diese Grenzen. Sie wissen, wie derartige Triebwerke für den realen Einsatz qualifiziert werden. |
| 13. Inhalt: | • Geschichte elektrischer Antriebe, Überblick durchgeführte Missionen<br>• Allgemeine Grundlagen von Raketen mit einer vom Treibstoff getrennten Energiequelle, widerstandsbeheizte Triebwerke |

| | |
|---|---|
| | • Grundlagen für Lichtbogen- und magnetoplasmadynamische Triebwerke<br>• Grundlagen für elektrostatische Triebwerke<br>• Vorstellung verschiedener realisierter Triebwerke<br>• Qualifikation elektrischer Raumfahrtantriebe (Anforderungen, Bodentestanlagen, Vakuumsysteme, Schubbestimmung, etc.)<br>• Überblick unkonventioneller Raumfahrtantriebe<br>• Vorstellung verschiedener unkonventioneller Triebwerkskonzepte, deren physikalische Grundlagen sowie deren Entwicklungsstand |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443401 Vorlesung Elektrische und unkonventionelle Raumfahrtantriebe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h(Präsenzzeit: 35 h, Selbststudium: 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44341 Elektrische Raumfahrtantriebe (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44350 Energiesysteme für die Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500107 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Stefan Belz<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Am Ende des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die physikalischen Grundlagen der in der Raumfahrt eingesetzten bzw. für einen Einsatz diskutierten Energiesysteme zu verstehen, zu unterscheiden und zu bewerten. Sie besitzen Grundkenntnisse über die vorherrschenden Energiesysteme sowie über die wichtigsten Randbedingungen zu ihrer Auslegung, insbesondere auch im Vergleich zu terrestrischen Anwendungen. |
| 13. Inhalt: | In diesem Modul werden mögliche Energiesysteme für die Raumfahrt vorgestellt, mit einem Schwerpunkt in der Energiewandlung und -speicherung. Einzelthemen behandeln die Konfiguration eines Energiesystems, Grundlagen der Kernspaltung und -fusion, Radioisotopengeneratoren, Kernreaktoren, |

| | |
|---|---|
| | thermoelektrische / thermoionische / thermo-photovoltaische Wandler, photovoltaische und solardynamische Wandler, chemische Batterien und Akkumulatoren, Brennstoff- und Elektrolysezellen, Gesamtsystembetrachtungen. Ergänzt wird die Vorlesung durch zugehörige Übungen. |
| 14. Literatur: | S. Fasoulas, Manuskript zur Vorlesung Energiesysteme, jährlich aktualisiert<br>ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 443501 Vorlesung Energiesysteme für die Raumfahrt<br>• 443502 Übung Energiesysteme für die Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 42 h, Selbststudium: 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44351 Energiesysteme für die Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 36370 Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Matthias Lehmann |
| 9. Dozenten: | Matthias Lehmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben detaillierte Kenntnisse im Entwicklungsprozess Software-dominanter Luftfahrtsysteme und können solche Prozesse definieren und bewerten. |
| 13. Inhalt: | • Entwicklungsstandards am Beispiel der Do178 und der ARP 4754<br>• Lesen und interpretieren der Standards am Beispiel der Do178<br>• Grundlagen verschiedener Beschreibungsformen<br>• Grundlagen des Requirements Based Engineering<br>• Anwendung der Grundlagen an einem Beispiel mit gängigen Tools |
| 14. Literatur: | Lehmann, M.: Prozesse, Methoden, Techniken. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 363701 Vorlesung Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h: (Präsenszeit: 28 h, Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 36371 Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49020 Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Philipp Fuhr |
| 9. Dozenten: | Christoph Kensche |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden wissen um:<br>• die Zulassungsbedingungen für die im Bereich von Leichtflugzeugen und WE- Rotorblättern eingesetzten Faserverbundwerkstoffe (FVW), die sich auf Betriebsfestigkeitsversuche an der Zelle bzw. dem Rotorblatt stützen,<br>• die typische Schädigungsentwicklung in einem Laminat,<br>• die statistische Auswertemethoden von Schwingprüfungen und deren Darstellung in Form von Wöhlerkurven und dem Haigh-Diagramm, Anwendung der für den Leichtflugzeugbau und die Windenergie gültigen Überlebenswahrscheinlichkeiten<br>• die Methode zu einer geeigneten Lebensdauervorhersage mittels Daten aus Wöhlerversuchen, einem geeignetem Schädigungsmodell und missionsbezogenen Lastkollektiven,<br>• die Sicherheitsfaktoren,<br>• den Zusammenhang zwischen „Load Enhancement"-Faktor und Lebensdauervielfachem<br>• das Vorgehen bei der praktischen Durchführung von Ermüdungsversuchen anhand einer Laborbesichtigung |
| 13. Inhalt: | • Gemeinsamkeiten WE und Leichtflugzeugbau, Zuständigkeiten Bauvorschriften, Lastkollektiv-Standards, Procedere Betriebsfestigkeits-Nachweisversuche, typische Prüftemperaturen, Damage-Tolerance-Forderungen, Design-Allowables, spannungs-/ dehnungsbezogene Auslegung. |

| | |
|---|---|
| | • Schädigungsablauf in FVW, Darstellung von Ermüdungsergebnissen, Steifigkeitsabfall, Spannungsverhältnis, Konstruktion Haigh-Diagramm, Beispiele für statistische Auswertung, typische Steigungen von Wöhlerkurven (GFK, CFK, gekerbt/ungekerbt, trocken/feucht); typische Probenformen; stochastische/deterministische Lastabläufe. Einfluss Fasergehalt. Grenzen für Design Allowables.<br>• Lastkollektive (Erklärung, Etablierung, Speicherung etc.), Lebensdauerabschätzung (typische Methode, Palmgren-Miner-Regel (lin., relativ-, Grenzen etc.), Omission, Truncation, Überlebenswahrscheinlichkeiten, Zusammenhang Load-Enhancement-Faktor - Lebensdauerfaktor; Sicherheitsfaktoren, Kenntnis über Komponenten für einen Biegeholm; was ist zu beachten beim Übergang von der Probe auf ein Bauteil?<br>• Besuch eines Prüflabors |
| 14. Literatur: | • Foliensatz/Skript zur Vorlesung<br>• R.P.L. Nijssen, Fatigue Life Prediction and Strength Degradation of Wind Turbine Rotor Blade Composites, Dissertation TU Delft 2006, ISBN-10: 90-9021221-3, ISBN-13: 978-90-9021221-0<br>• Ch.W. Kensche, Fatigue of Composites for Wind Turbines, International Journal of Fatigue 28 (2006) 1363-1374<br>• O. Krause, Ch.W. Kensche, R.P.L.Nijssen, T. P. Philippidis, A.P. Vassilopoulos, A Benchmark on Lifetime Prediction of Composite Materials under Fatigue, EWEC Madrid, 16-19 June, 2003<br>• John F. Mandell, Daniel D. Samborsky, Herbert J. Sutherland, Effects of Materials Parameters and Design Details on the Fatigue of Composite Materials for Wind Turbine Blades, Nice, EWEC 1999<br>• Sendeckyj, G.P., ‘Fitting Models to Composite Materials Fatigue Data', ASTM STP 734, American Society for Testing and Materials, 1981 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 490201 Vorlesung Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung: 90h (22h Präsenzzeit, 68 h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49021 Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugzeugbau |

# Modul: 44380 Experimentelle Simulation des Wiedereintritts

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Stefan Löhle |
| 9. Dozenten: | • Stefan Löhle<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Am Ende des Moduls haben die Studierenden einen vertieften Überblick über die typischen Messverfahren für hochenergetische Strömungen, wie sie insbesondere für die Charakterisierung von Wiedereintrittsströmungen oder auch für elektrische Raumfahrtantriebe eingesetzt werden. Sie kennen das Einsatzpotenzial und die -grenzen, können die eintretenden Messfehler beurteilen und geeignete Verfahren für einen spezifischen Fall bewerten sowie auswählen. Anhand von Laborveranstaltungen und Praktikas besitzen die Studierenden auch grundlegende praktische Erfahrungen einzelner Messverfahren. |
| 13. Inhalt: | • Einleitung, Grundlagen der Messtechnik (Druck, Temperatur, Massenflüsse, Strahlung, etc.<br>• Mechanische Sonden für hochenergetische Strömungen (Totaldruck-, Wärmestromdichte-, Enthalpiesonden)<br>• Massenspektrometrie<br>• Langmuirsonden<br>• Aktive und passive spektroskopische Verfahren (Pyrometrie, Radiometrie, Emissionsspektroskopie, Laserdiagnostik, etc.) |
| 14. Literatur: | S. Löhle et al.: Manuskript zur Vorlesung Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, jährlich aktualisiert<br>ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 443801 Vorlesung Messverfahren für hochenthalpe Strömungen<br>• 443802 Praktikum Messverfahren für hochenthalpe Strömungen<br>• 443803 Praktikum Labor Mini-PWK |

| | |
|---|---|
| | • 443804 Praktikum Vakuumpraktikum |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h),<br>Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, Praktikum: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h),<br>Labor Mini-PWK, Praktikum: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h),<br>Vakuumpraktikum: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 84 h, Selbststudium: 104 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44381 Experimentelle Simulation des Wiedereintritts (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44390 Faserverbundseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Dennis Zink |
| 9. Dozenten: | Dennis Zink |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 44730 Leichtbau I |
| 12. Lernziele: | Nach erfolgreichem Beenden des Moduls sind die Studierenden in der Lage, einfache Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen realitätsnah auszulegen. Dazu zählen die analytische Vordimensionierung hinsichtlich vorgegebener Lastfälle, die Konzepterstellung und Fertigung mithilfe eines geeigneten Herstellungsverfahrens sowie die Durchführung von Bauteilprüfungen zum Nachweis der geforderten Bauteilfunktion. |
| 13. Inhalt: | • Auslegung von Faserverbundstrukturen<br>• Fertigungsverfahren (theoretisch und praktisch)<br>• Prüftechnik<br>• FEM-Grundlagen<br>• Sizing of composite structures<br>• Manufacturing technologies (theoretical and experimental)<br>• Test methods<br>• Finite element method (basics) |
| 14. Literatur: | Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden - Helmut Schürmann |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443901 Seminar Faserverbundseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44391 Faserverbundseminar (BSL) (BSL), schriftlich und mündlich, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von: Institut für Flugzeugbau

# Modul: 44400 Fernerkundung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062000301 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Nicolaas Sneeuw |
| 9. Dozenten: | • Dieter Fritsch<br>• Nicolaas Sneeuw |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden verstehen durch das Teilmodul „Erderkundung" die fundamentale Rolle von Geoid und Schwerefeld in erdwissenschaftlichen Disziplinen. Sie können einschätzen, wann, wie und wo die Methodik der raumgestützte Geodäsie in aktuellen praktischen Fragestellungen eingesetzt wird. Sie verstehen die Messprinzipien und Datenprozessierung hinter aktuellen geodätischen Satellitenmissionen. Die Studierenden können nach erfolgreichem Abschluss des Teilmoduls „Optische Fernerkundung" den Einsatz von optischen Fernerkundungssystemen (Digitale Kameras auf Flugzeugen, Satelliten und UAVs ) sowie flugkörpergetragenes Laser Scanning planen, die erfassten Daten prozessieren und Genauigkeitsabschätzungen durchführen. |
| 13. Inhalt: | • Geschichte der Geodäsie<br>• Modelle der Erde (Kugel, Ellipsoid, Geoid)<br>• Gravitation und Schwere<br>• Messmethoden der Geodäsie sowie geodätische Raumverfahren<br>• Satellitenaltimetrie und -gravimetrie<br>• Anwendungen der Geodäsie in den Erdwissenschaften<br>• Einführung in die optische Datenerfassung (Photogrammetrie)<br>• mathematische Modelle zwischen Bild- und Objektraum<br>• Bildflugplanung am Flugsimulator, Bündelblockausgleichung<br>• Kalibration von photographischen Sensoren, Landnutzungsklassifikation<br>• Einführung in Laser Scanning<br>• Integration von DGPS/INS-Beobachtungen |

| | |
|---|---|
| | • Auswertung/Georeferenzierung von Punktwolken<br>• Kalibration von Laser Scannern<br>• Ausblick auf Veredelung von Punktwolken (Stadmodelle, Vegetationsmodelle,<br>Digitales Oberflächenmodell, Digitales Geländemodell) |
| 14. Literatur: | • Skripten, Matlab<br>• Torge, W. (2003) Geodäsie. De Gruyter, Berlin (2. Aufl.)<br>• Seeber, G (1999) Satellitengeodäsie, De Gruyter, Berlin<br>• Albertz J (2001), Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern, Wissenschaftliche<br>• Karl Kraus (2004) Photogrammetrie de Gruyter<br>• Thomas Luhmann (2003) Nahbereichsphotogrammetrie, Wichmann |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444001 Vorlesung Erderkundung<br>• 444002 Vorlesung Optische Fernerkundung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Erderkundung, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudiumszeit 62 h)<br>Optische Fernerkundung, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudiumszeit 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudiumszeit 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44401 Fernerkundung (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44410 Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400117 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Stephan Staudacher |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I:<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die Forderungen der Luftfahrtzulassung.<br>• Die Studierenden verstehen die Auswirkungen der Luftfahrtanforderungen an die Festigkeitsauslegung.<br>• Die Studierenden verstehen die Hauptbelastungen.<br>• Die Studierenden kennen grundlegende Handrechenmethoden<br>• zur statischen Auslegung.<br>Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II:<br>• Studierende erlangen Kenntnisse über die Anwendung der Betriebsfestigkeit auf Flugtriebwerke.<br>• Die Studierenden kennen HCF, LCF.<br>• Die Studierenden kennen die notwendigen experimentellen Nachweise |
| 13. Inhalt: | **Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I:**<br>• EASA und FAA Anforderungen<br>• Redline Werte, Berstanforderungen<br>• Schaufelauslegung<br>• Schaufel - Scheibe - Verbindung<br>• Scheibenauslegung<br>• Gehäuse<br>• Schaufelverlust |

| | |
|---|---|
| | Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot): Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten.<br><br>**Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II:**<br>• High Cycle Fatigue, Low Cycle Fatigue<br>• Wöhler Linie<br>• Goodman, Soderberg Linien<br>• Zählverfahren, Walker Korrektur<br>• Kriechen, Erosion<br>• Thermomechanische Ermüdung<br>• Experimenteller Lebensdauernachweis<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |
| 14. Literatur: | Traupel: Thermische Turbomaschinen, Band II, Springer |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444101 Vorlesung Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I<br>• 444102 Übung Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I<br>• 444103 Vorlesung Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II<br>• 444104 Übung Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44411 Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600123 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Michael Reck |
| 9. Dozenten: | Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Die Studierenden sind bereits mit den Grundlagen der finiten Elementen aus dem Fach "Einführung in die Finite-Elemente-Methode (Diskretisierung I)" vertraut. |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die allgemeinen und speziellen physikalischen Grundlagen für die Finite-Elemente-Methode,<br>• sind mit den Ansätzen verschiedener Elemente für den 1D-, 2D- und 3D-Raum vertraut,<br>• können die Gleichungssysteme für verschiedene Ein- und Mehrfeldprobleme erstellen,<br>• sind mit den theoretischen Verfahren in der Strukturmechanik vertraut, welche durch Reduktion der Freiwerte im Ansatz direkt zum linearen Gleichungssystem führen,<br>• sind mit den theoretischen Verfahren so weit vertraut, dass diese zur Programmierung eingesetzt werden können,<br>• kennen die Methoden der Nachlaufrechnung, sowie deren Vor- und Nachteile. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | • Das physikalische Grundprinzip, nach dem die Natur den Weg des geringsten Widerstandes geht,<br>• Variationsrechnung, das Prinzip von Galerkin, Ein- und Mehrfeldprinzipe,<br>• Ansätze für rechteckige und dreieckige Elemente im 2D-Raum, sowie Elemente im 3D-Raum,<br>• Erstellen des Gleichungssystems für verschiedene Ein- und Mehrfeldprobleme,<br>• reduzierte Ansätze zum Lösen von Randwertaufgaben in der Strukturmechanik mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode,<br>• das Konzept der isoparametrischen Elemente,<br>• Matrizen und Vektoren wie z.B. kinematisch konsistente Lasten, Dehnungs-Verschiebungsmatrizen und Jakobi-Matrizen zum Zwecke der Programmierung der bisher erlernten Theorie,<br>• numerische Integration der Steifigkeit,<br>• Barlow-Spannungspunkte zur Spannungs- und Dehnungsberechnung.<br>• Konvergenzbetrachtung und Pach-Test der Finite-Elemente-Methode. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br><br>Ergänzende Vortragsfolien<br><br>Zusätzliche Übungen<br><br>J. Betten, Finite Elemente für Ingenieure 1, Grundlagen, Matrixmethoden, elastisches Kontinuum, Springer Verlag Berlin, zweite Auflage, 2003<br><br>J. Betten, Finite Elemente für Ingenieure 2, Variationsrechnung, Energiemethoden, Näherungslösungen, Nichtlinearitäten, numerische Integration, Springer Verlag Berlin, zweite Auflage, 2004<br><br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, zweite Auflage, 2002<br><br>O. C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, McGraw-Hill, Book Company. (Deutsche Übersetzung als Hanser Fachbuch), Third edition, 1977<br><br>K. Knothe, H. Wessels, Finite-Elemente, Eine Einführung für Ingenieure, Springer Verlag, Heidelberg, vierte Auflage, 2008 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496401 Vorlesung Finite Elemente II (Diskretisierung II) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49641 Finite Elemente II (Diskretisierung II) (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | • 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)<br>• 49660 Nichtlineare Finite Elemente |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen |

# Modul: 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rafael Jarzabek |
| 9. Dozenten: | Rafael Jarzabek |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente II (Diskretisierung II) |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind bereits mit den Grundlagen der Finiten Elemente vertraut. Sie können die numerische Methode der finiten Elemente auf zeitlich veränderliche physikalische Probleme anwenden. Die Studierenden sind mit weiteren relevanten Grundlagen in den Fächern der finiten Differenzen und der Variationsrechnung vertraut.<br><br>Die sich aus der theoretischen Formulierung ergebenden numerischen Prinzipien können in den Fächern der Thermodynamik und Dynamik angewandt werden, so dass der Studierende ein vertieftes Verständnis für das implizite sowie explizite Verfahren, die integralen Methoden und die Methode der Least-Squares besitzt. |
| 13. Inhalt: | • Finite Differenzen. Zusammenfassung und Beispiele in der Mechanik.<br>• Variationsrechnung. Was ist der Unterschied zwischen der Differential- und Variationsrechnung?<br>• Herleitung des Prinzips der virtuellen Arbeit mittels der Variationsrechnung.Findet eine Energieerhaltung oder ein Verlust an Energie in der Mechanik statt? |

| | |
|---|---|
| | • Darstellung der globalen und lokalen Variationsbetrachtungen.<br>• Darstellung und Vergleich der Variationsmethoden im Raum: Rayleigh-Ritz, Galerkin, Kollokation, Least-Squares,<br>• Variationsmethoden in der Thermodynamik: implizites- / explizites- / Crank-Nicolson Verfahren, Galerkin- Verfahren, Kollokationsbetrachtung, Least-Squares-Verfahren, Time-Discontinuous-Verfahren.<br>• Lokale und globale Variationsmethoden in der Dynamik: Rayleigh-Ritz, Galerkin-Verfahren, Least-Squares Verfahren, implizite- / explizites-Verfahren, Time-Discontinuous-Verfahren.in der Zweifeldformulierung.<br>• Stabilitätsbetrachtung der expliziten thermodynamischen und dynamischen Verfahren.<br>• Nicht lineare Gleichungssysteme, resultierend aus nicht linearen Differentialgleichungen. |
| 14. Literatur: | J. Betten, Finite Elemente für Ingenieure, Band I und IIW. Wunderlich, Mechanics of structures, Variational and computational methods |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496501 Vorlesung Finite Elemente III |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49651 Finite Elemente III (Diskretisierung III) (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44420 Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311103 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Michael Pfaff |
| 9. Dozenten: | Jan-Michael Pfaff |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Der Studierende erweitert die theoretisch erlernten Ansätze aus den Fächern Aerodynamik, Flugmechanik, Flugzeugentwurf und Luftfahrttechnik auf die praktische Durchführung im Bereich der Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld. Er erreicht so ein multidisziplinäres Verständnis des Gesamtsystems Flugzeug. Die Motivation dieser Veranstaltung liegt in der Problematik heutiger großer namhafter Flugzeughersteller, deren personengebundenes disziplinübergreifendes Wissen durch das Ausscheiden solcher Generalisten verloren geht und nicht zu ersetzen ist.<br>• Die Veranstaltung wird in 8 Blockterminen abgehalten und in Zusammenarbeit mit dem DLR, Bereich Flugexperimente, Flugabteilung Oberpfaffenhofen durchgeführt. Im Rahmen des letzten Blocks wird das Erlernte in Form eines professionell durchgeführten Fluglabors praktisch erflogen, um den Studierenden mit der Nachweisführung theoretischer Anforderungen im praktischen Flugversuch vertraut zu machen. Für ein solches Labor hat das DLR eigens eine Cessna Caravan zum „Fliegenden Hörsaal" umgerüstet und mit entsprechenden Überwachungsbildschirmen an jedem Sitz und Messinstrumentierungen versehen. |
| 13. Inhalt: | Blockveranstaltung:<br>• Einführungsblock: Einführung und Wiederholung der aerodynamischen und flugmechanischen Grundlagen |

| | |
|---|---|
| | • Vorlesungsblock I: Stabilitätsbetrachtungen<br>• Vorlesungsblock II: Instrumentenkunde<br>• Vorlesungsblock III: Grundlagen Flugleistungen<br>• Vorlesungsblock IV: Missionsorientierte Flugzeugauslegung<br>• Vorlesungsblock V: Umsetzung und Anwendung des Erlernten am Beispiel einer Fluglinie<br>• Seminarblock: Vorbereitung der Versuchsdurchführungen und Auswertungen<br>• Praktischer Laborblock: Durchführung der Messflüge |
| 14. Literatur: | Flugleistungen (Hafer, Brüning, Sachs), Springer-Verlag<br>Angewandte Flugleistung (Scheiderer), Springer-Verlag<br>Skript zur Vorlesung in Form von ‚Handouts'<br>Weitere Unterlagen unter ILIAS |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444201 Vorlesung Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld<br>• 444202 Seminar Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44421 Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld (BSL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44430 Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | Ulrich Butter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen die Wirkungsmechanismen des Rotors und kennen die Besonderheiten der Rotordynamik.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare und lineare dynamische Modelle der Hubschrauberbewegung zu erstellen.<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die Ziele, die Besonderheiten, die Struktur und die gängigsten Elemente der Hubschrauber-Regelung. |
| 13. Inhalt: | • Modellierung des Schubes mit Strahltheorie und Blattelemententheorie<br>• Eigenschaften und physikalischer Hintergrund der Rotordynamik<br>• Aufstellung der nichtlinearen Bewegungsgleichungen, Trimmzustand, Linearisierung und Charakterisierung typischer Eigenbewegungen<br>• Flugeigenschaftskriterien für den Reglerentwurf<br>• stabilitätserhöhende Rückführungen und Autopiloten |
| 14. Literatur: | U. Butter, Hubschrauber-Flugmechanik und -Flugregelung, Skript<br>W. Bittner, Flugmechanik der Hubschrauber, Springer<br>R.W. Prouty, Helicopter Aerodynamics, PJS Publications |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 444301 Vorlesung Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44431 Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 44440 Flugmesstechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900116 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Arne Altmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind in der Lage, einen Flugversuch für ein Flugzeug der Allgemeinen Luftfahrt (General Aviation) zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Außerdem sollen sie ihre Ergebnisse in einem schriftlichen Bericht und in einem Vortrag übersichtlich und aussagekräftig darstellen können. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen: Hintergründe zu den Messflügen, Erfassung von Messgrößen, Instrumentierung eines Flugzeuges, Flugleistungen.<br>• Einführung in das Experimentalflugzeug: Systeme, Flugleistung, Instrumentierung mit zentraler Datenerfassungsplattform.<br>• Vorbereiten und Durchführen eines Messfluges: Erstellen eines individuellen Messprogramms, Ausarbeitung der zugehörigen FlightCards, Durchführung der Flugmesskampagne mit Piloten, Messdatenauswertung und Erstellen eines Ergebnisberichtes. |
| 14. Literatur: | • Skript zur Vorlesung<br>• European Aviation Safety Agency: „Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes CS-23"<br>• Edward A. Haering, Jr.: "Airdata Measurement and Calibration" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 444401 Seminar Flugmesstechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44441 Flugmesstechnik (BSL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, (schriftliche Ausarbeitung (lehrveranstaltungsbegleitend), Präsentation und mündliche Prüfung, 20 min) |

18. Grundlage für ... :

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 40840 Flugregelung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200009 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Hon. Prof. Ulrich Butter |
| 9. Dozenten: | • Werner Grimm<br>• Ulrich Butter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Flugmechanik, Modul 060200003 |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die geforderten Eigenschaften eines geregelten Flugzeugs. Die Studierenden kennen die Regelziele und die Umsetzungsvarianten stabilitätserhöhender Rückführungen. Die Studierenden kennen die Regelziele und die Umsetzungsvarianten der wichtigsten Autopiloten. |
| 13. Inhalt: | Flugeigenschaftskriterien für die Längs- und Seitenbewegung stabilitätserhöhende Rückführungen in der Längs- und Seitenbewegung Autopiloten der Längs- und Seitenbewegung (Höhen- und Geschwindigkeitshaltung, Azimutregler, automatische Landung usw.) |
| 14. Literatur: | U. Butter, Flugregelung, Skript R. Brockhaus, Flugregelung, Springer B.L. Stevens und F.L. Lewis, Aircraft Control and Simulation, Wiley |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 408401 Vorlesung Flugregelung<br>• 408402 Übung Flugregelung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugregelung, Vorlesung: 21 h Präsenzzeit, 39 Stunden Selbststudium<br>Flugregelung, Übung: 10 h Präsenzzeit, 20 Stunden Selbststudium |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 40841 Flugregelung (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |

20. Angeboten von:

# Modul: 44450 Flugregelungssysteme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | • Werner Grimm<br>• Walter Fichter<br>• Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 54180 Regelung und Systementwurf |
| 12. Lernziele: | Flugregelung:<br>• Die Studierenden kennen die geforderten Eigenschaften eines geregelten Flugzeugs.<br>• Die Studierenden kennen die Regelziele und verschiedene Varianten stabilitätserhöhender Rückführungen.<br>• Die Studierenden kennen die Regelziele und die Struktur der wichtigsten Autopiloten.<br>Systementwurf:<br>• Vertiefung der Kenntnisse im Bereich Systementwurf durch praktikumsorientierte Anwendung der Systementwurfsgrundlagen aus der Vorlesung "Systementwurf I" |
| 13. Inhalt: | Flugregelung:<br>• Flugeigenschaftskriterien für die Längs- und Seitenbewegung<br>• stabilitätserhöhende Rückführungen in der Längs- und Seitenbewegung<br>• Autopiloten der Längs- und Seitenbewegung (Höhen- und Geschwindigkeitshaltung, Azimutregler, automatische Landung usw.)<br>Systementwurf:<br>Auslegung, Umsetzung und Verifikation eines redundanten Systems zur |

| | |
|---|---|
| | Steuerung von Flugzeugen:<br><br>• Analyse anwendungsorientierter Systemvorgaben<br>• Auslegung der Management-Funktionen zum Betrieb eines redundanten Avioniksystems/Rechnersystems<br>• Auslegung der Management-Funktionen zum Betrieb redundanter Sensorik und Aktuatorik<br>• Umsetzung zentraler Funktionen in Software<br>• Integration der Software in einen Systemdemonstrator<br>• Systemverifikation anhand spezifischer Testfälle<br><br>Die Bearbeitung erfolgt selbständig und gruppenweise unter der Anleitung von<br>Betreuern. |
| 14. Literatur: | U. Butter, Flugregelung, Skript<br>R. Brockhaus, Flugregelung, Springer<br>B.L. Stevens und F.L. Lewis, Aircraft Control and Simulation, Wiley<br>Reichel, R.: Systementwurf I, Skript<br>Hesse, S.: Systementwurf II, Präsentationsfoliensatz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444501 Vorlesung Flugregelung<br>• 444502 Praktikum Systementwurf II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugregelung, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Systementwurf Praktikum: 90 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 48 h)<br>Gesamt: 180h (70h Präsenzzeit, 110h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44451 Flugregelungssysteme (PL), mündliche Prüfung, Gewichtung: 1.0, (Flugregelung, 20min, Gewichtung: 0.5; Systementwurf, 20min, Gewichtung: 0.5) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44460 Flugzeugentwurf II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | Maged Sorour |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können Flugzeugentwürfe beurteilen hinsichtlich<br>• Flugleistungen und Einsatztauglichkeit.<br>• Es gelingt ihnen eigene Entwürfe zu erarbeiten unter Berücksichtigung des Einflusses von Kompressibilität und Machzahleffekten.<br>• Weiterhin können die Studierenden einen Entwurf bezüglich Stabilität und Steuerbarkeit beurteilen. |
| 13. Inhalt: | • Energie-Höhenmethode<br>• Darstellung der Flugbereichsgrenzen<br>• Flugbereichsgrenzen aufgrund der Bauvorschriften<br>• Entwurfsaspekte für den schallnahen und den Überschallbereich<br>• Ermittlung von Auftrieb und Widerstand unter Berücksichtigung der Kompressibilität<br>• Stabilität und Steuerbarkeit |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Übungsgblätter<br>Raymer, D. P.: Aircraft design : a conceptual approach<br>Nicolai, M.: Fundamentals of Aircraft Design<br>Roskam, J.: Airplane Aerodynamics and Performance |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444601 Vorlesung Flugzeugentwurf II<br>• 444602 Übung Flugzeugentwurf II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugzeugentwurf II, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h) |

| | |
|---|---|
| | Flugzeugentwurf II, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44461 Flugzeugentwurf II (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44470 Flugzeugentwurfsseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Ingmar Geiß |
| 9. Dozenten: | Ingmar Geiß |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Studierende sind in der Lage die Grundlagen des Flugzeugentwurfes auf eine Aufgabenstellung anzuwenden.<br>• Die Studierenden sind in der Lage einen elementaren und iterativen Flugzeugentwurfsprozess durchzuführen unter Berücksichtigung der Zusammenhänge aller in diesem Stadium relevanten Disziplinen (Aerodynamik, Struktur, Wirtschaftlichkeit).<br>• Die Studierenden sind in der Lage sich im Team zu organisieren und die Ergebnisse zu präsentieren. |
| 13. Inhalt: | Das Seminar weist die folgende Aufteilung auf:<br>- Bewertung der möglichen Flugzeugkonfiguration und Auswahl der geeignetsten<br>- Entwurfsdiagramm und Gewichtsabschätzung<br>- Berechnung der Flugzeugaerodynamik und -Flugmechanik<br>- Berechnung der Flugleistungen<br>- Ermittlung der Lastannahmen und Flugzeugstruktur<br>- Wirtschaftliche Bewertung des Flugzeugs<br>In der Abschlussveranstaltung muss jedes Team seinen Flugzeugentwurf in einer Präsentation vorstellen. Nach der Präsentation werden die Entwürfe diskutiert. Nach der Auswertung aller Beiträge erfolgt die Auswahl des besten Entwurfs. |
| 14. Literatur: | Skript: Flugzeugentwurf I & II von Prof. Voit-Nitschmann, Skript Luftfahrttechnik,<br>Prof. Voit-Nitschmann |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 444701 Flugzeugentwurfsseminar |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 152 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44471 Flugzeugentwurfsseminar (BSL), schriftliche Prüfung, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44480 Geometrische Überwachung: Messung und Analyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062300081 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Volker Schwieger |
| 9. Dozenten: | • Volker Schwieger<br>• Annette Schmitt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können verschiedenartige Sensorik für industrielle Anwendungen bewerten, einsetzen und kombinieren, sowie Datenerfassung mittels graphischer Entwicklungsumgebung entwickeln und programmieren. Außerdem können sie Verschiebungen und Deformationen nach statistischen Methoden bestimmen und analysieren. Dabei werden random-walk, kinematische, statische und dynamische Modelle beherrscht. |
| 13. Inhalt: | • Aufgaben der industriellen Messtechnik<br>• Punktdefinition und Messadapter<br>• Mechanische Streckenmessung<br>• Wegaufnehmer und Messuhren<br>• Interferometrische Streckenmessung<br>• Interferometrische Winkelmessung<br>• Theodolitmesssysteme: Grundprinzip, Genauigkeit, Orientierung der Theodolite, Systemeigenschaften<br>• Lasertracker: Grundprinzip, Genauigkeit, Systemeigenschaften<br>• Koordinatenmessmaschinen und weitere mechanische Realisierungen (z. B. Messarme)<br>• Optical Tooling<br>• Weitere Spezialverfahren in der industriellen Messtechnik<br>• Deformationsanalyse im Kongruenzmodell: Zwei- und Mehr-Epochenvergleich, Globaltest, Hypothesentests zur Lokalisierung von Deformationen<br>• Kinematische Deformationsanalyse<br>• Kalman-Filter in der Deformationsanalyse<br>• Statische und dynamische Analyse, Stress und Strain, Integration dynamischer Systeme in das Deformationsmodell<br>• Sensitivität und Trennbarkeit von Überwachungsmessungen |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | • Schlemmer, H.: Grundlagen der Sensorik. Wichmann Verlag, Heidelberg, 1996.<br>• Schwarz, W. (Red.): Vermessungsverfahren im Maschinen- und Anlagenbau. Schriftenreihe des DVW, Heft 13/1995, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart, 1995<br>• Welsch, W., Heunecke, O., Kuhlmann, H.: Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen. Grundlagen, Methoden, Modelle. In: Möser, Müller, Schlemmer, Werner (Hrsg.): Handbuch Ingenieurgeodäsie, H. Wichmann Verlag,Heidelberg, 2000. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444801 Vorlesung Industrielle Messtechnik<br>• 444802 Übung Industrielle Messtechnik<br>• 444803 Vorlesung Deformationsanalyse<br>• 444804 Übung Deformationsanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Industrielle Messtechnik, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h )<br>Industrielle Messtechnik, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h )<br>Deformationsanalyse, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h )<br>Deformationsanalyse, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h )<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44481 Geometrische Überwachung: Messung und Analyse (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), schriftlich, eventuell mündlich |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44490 Geschwindigkeitsgrenzschichten

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110154 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | Ulrich Rist |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen<br>• die physikalische Bedeutung von Grenzschichten<br>• die Herleitung der Grenzschichtgleichungen<br>• analytische Lösungen der Navier-Stokes-Gleichungen mit Grenzschichtcharakter<br>• numerische Lösungsverfahren und Lösungen der Grenzschichtgleichungen<br>• die Einflüsse der Turbulenz auf Gleichungen und Strömung<br>• die wesentlichen Parameter, die die Lage der laminar-turbulenten Transition bestimmen<br>• die Unterschiede zwischen zwei- und dreidimensionalen Grenzschichten<br><br>Die Studierenden sind in der Lage<br>• Reibungswiderstand und Grenzschichtdicken generischer Konfigurationen abzuschätzen<br>• mit den in der Vorlesung bzw. Übung ausgeteilten Diagrammen und Tabellen umzugehen<br>• die in der Vorlesung vorgestellten generischen Lösungen zur Validierung von CFD-Verfahren zu verwenden |
| 13. Inhalt: | Grenzschichttheorie: Grundbegriffe, Definitionen; Temperaturgrenzschichten, Exakte Lösungen der Navier-Stokes-Gleichungen: ebene Couette-Strömung, kompressible Couette-Strömung, ebene Kanalströmung (Poiseuille); Näherungslösungen der Navier-Stokes-Gleichungen: integrale Betrachtung, Grenzschichtgleichungen; |

| | |
|---|---|
| | Laminare Grenzschichten: Blasius-Grenzschicht, kompressible Plattengrenzschicht, Keilströmungen nach Falkner-Skan, Howarth-Strömung; Turbulente Plattengrenzschicht; Transition im Überblick; 3-DGrenzschichten: rotationssymmetrische Grenzschichten, Schiebewinkeleinfluss (Falkner-Skan-Cooke); Grenzschichtablösung; Grenzschichtbeeinflussung |
| 14. Literatur: | John D. Anderson, Jr.: Fundamentals of Aerodynamics, McGraw-Hill, 2001<br>Frank M. White: Viscous Fluid Flow, McGraw-Hill, 1974<br>Hermann Schlichting: Grenzschichttheorie, G. Braun, Karlsruhe, 1982<br>Skript, Diagramme und Tabellen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 444901 Vorlesung Geschwindigkeitsgrenzschichten |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44491 Geschwindigkeitsgrenzschichten (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44500 Grenzschichtdynamik und -kontrolle

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110123 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | • Ulrich Rist<br>• Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die Mechanismen des primär und sekundär reibungsinduzierten Widerstandes an aerodynamischen Körpern zu verstehen und Kontrollmaßnahmen entwerfen und anwenden zu können. |
| 13. Inhalt: | **Vorlesung „Geschwindigkeitsgrenzschichten"**<br>Grenzschichttheorie: Grundbegriffe, Definitionen; Temperaturgrenzschichten, Exakte Lösungen der Navier-Stokes-Gleichungen: ebene Couette-Strömung, kompressible Couette-Strömung, ebene Kanalströmung (Poiseuille); Näherungslösungen der Navier-Stokes- Gleichungen: integrale Betrachtung, Grenzschichtgleichungen; Laminare Grenzschichten: Blasius-Grenzschicht, kompressible Plattengrenzschicht, Keilströmungen nach Falkner-Skan, Howarth-Strömung; Turbulente Plattengrenzschicht; Transition im Überblick; 3D-Grenzschichten: rotationssymmetrische Grenzschichten, Schiebewinkeleinfluss (Falkner-Skan-Cooke); Grenzschichtablösung; Grenzschichtbeeinflussung<br><br>**Vorlesung „Laminar-turbulente Transition"**<br>Wege zur Turbulenz: transition road map; Primärinstabilitätstheorie (Rayleigh- / Orr-Sommerfeld-Gleichung, modales/nichtmodales Strörungswachstum); Transitionsvorhersage (e-hoch-N-Methode/subkritisches Wachstum)); Einfluss Rauigkeit, Schiebewinkel, Machzahl, Wandtemperatur; Sekundärinstabilitätstheorie |

| | |
|---|---|
| | (spektral/lokal);Transitionstypen/dynamische Strukturen;Transitionskontrolle |
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>White: Viscous Fluid Flow, McGraw-Hill ; Schlichting: Grenzschichttheorie;<br>Schmid, Henningson: Stability and Transition in Shear Flows, Springer. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445001 Vorlesung Geschwindigkeitsgrenzschichten<br>• 445002 Vorlesung Laminar-turbulente Transition |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Geschwindigkeitsgrenzschichten, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Laminar-turbulente Transition, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit:28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44501 Grenzschichtdynamik und -kontrolle (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44510 Grundlagen der Turbulenzmodellierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700192 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Grazia Lamanna |
| 9. Dozenten: | • Grazia Lamanna<br>• Sebastian Spring |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strömungslehre, Thermodynamik |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• die theoretischen Grundlagen zur Beschreibung turbulenter Strömungen.<br>• Modellierungsansätze (Wirbelviskositätsmodelle, Reynolds-Spannungsmodelle).<br>• die Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS.<br>• Anwendungsbeispiele mit CFD. |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die Turbulenz<br>• Statistische Beschreibung der Turbulenz<br>• Schließungsproblem<br>• Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS<br>• Klassische Turbulenzmodelle: Überblick |
| 14. Literatur: | Durbin, P. A.: Statistical Theory and Modeling for Turbulent Flows<br>Ferziger, Peric: Computational fluid dynamics<br>David C. Wilcox: Turbulence Modeling for CFD |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445101 Vorlesung Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• 445102 Tutorium Grundlagen der Turbulenzmodellierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Grundlagen der Turbulenzmodellierung, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbsstudium 56 h)<br>Grundlagen der Turbulenzmodellierung, Seminar: 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h) |

| | |
|---|---|
| | Gesamt: 105 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 70 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44511 Grundlagen der Turbulenzmodellierung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafelanschrieb, Overhead-Projektor, PowerPoint, CIP-Pool |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44520 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700201 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Rainer Walther |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Funktionsweise der Flugtriebwerks-Brennkammer und -Nachverbrennung.<br>• Die Studierenden verstehen die physikalisch-chemischen Ursachen der Schadstoffbildung.<br>• Die Studierenden kennen Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Schadstoffreduzierung. |
| 13. Inhalt: | • Brennkammern in Flugtriebwerken und ihre Funktionsweise<br>• Schadstoffbildung in Brennkammern<br>• Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung<br>• Atmosphärenwirkung luftfahrtbedingter Emissionen |
| 14. Literatur: | A. H. Lefebvre: Gas Turbine Combustion<br>D. L. Dagett et al.: Alternate Fuels for Use in Commercial Aircraft, ISABE-2007-1196 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 445201 Vorlesung Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 112 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 84 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44521 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 51620 Hochtemperatur-Messtechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700182 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rico Poser |
| 9. Dozenten: | Rico Poser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die theoretischen Grundlagen der Wärmestrahlung, der Abbildungsoptik und wichtiger Messgeräte der optischen Pyrometrie.<br>• kennen die Bedeutung wichtiger Begriffe der Hochtemperatur-Messtechnik (z.B. Pseudotemperaturen).<br>• können geeignete Messverfahren für eine gestellte Messaufgabe auswählen und sind in der Lage die gewonnenen Messdaten auszuwerten.<br>• kennen wichtige Einflussgrößen zur Messfehlerabschätzung. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen zu Wärmestrahlung, Abbildungsoptik, Messgeräte der optischen Pyrometrie<br>• Temperaturmessung über Wärmestrahlung der Festkörper und Flüssigkeiten (u.a. Messprinzipien, Vergleichsstrahler, Pseudotemperaturen, Geräte, Emissionsgradbestimmung)<br>• Temperaturmessung über Wärmestrahlung der Gase (u.a. Messprinzipien, Anregung innerer Freiheitsgrade, Ionisierte Gase im Gleichgewicht, Auswerteverfahren, Strahldichtebestimmung, Abel-Inversion zylindersymmetrischer Strahler) |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung (Entwurf)<br>Bernhard: Technische Temperaturmessung, 2004<br>Kühlke: Optik - Grundlagen und Anwendungen, 2007<br>Hartmann: High-temperature measurement techniques for the application in photometry, radiometry and thermometry, 2009 |

| | |
|---|---|
| | Demtröder: Laserspektroskopie 1 - Grundlagen, 2011 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 516201 Vorlesung Hochtemperatur-Messtechnik<br>• 516202 Praktikum Hochtemperatur-Messtechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Hochtemperatur-Messtechnik, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Hochtemperatur-Messtechnik, Praktikum (freiwillig): 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 51621 Hochtemperatur-Messtechnik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Folienpräsentation, Anschauungsmaterial |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44530 Hubschrauber-Aeromechanik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manuel Keßler |
| 9. Dozenten: | Manuel Keßler |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die wesentlichen aerodynamischen und dynamischen Effekte am Hubschrauberrotor im Schwebe- und Vorwärtsflug und haben einen Überblick gewonnen über simulative und experimentelle Möglichkeiten der Analyse und Bewertung. |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die Hubschraubertechnik<br>• Aerodynamik des Rotors im Schwebe- und Senkrechtflug<br>• Aerodynamik des Hubschraubers im Vorwärtsflug<br>• Grundlagen der Rotordynamik<br>• Numerische Verfahren zur Berechnung der Aerodynamik<br>• Experimentelle Verfahren |
| 14. Literatur: | Skript „Hubschrauber-Aeromechanik" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 445301 Vorlesung und Übungen Hubschrauber-Aeromechanik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44531 Hubschrauber-Aeromechanik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Aerodynamik von Luft- und Raumfahrzeugen |

# Modul: 44540 Hubschraubertechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manuel Keßler |
| 9. Dozenten: | • Manuel Keßler<br>• Maged Sorour |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen des Hubschraubersystems, seine Bauweisen, das flugmechanische Verhalten und Anwendungsgrenzen. Sie werden mit dem Entwicklungsprozess eines Hubschraubers vom Vorentwurf, Lastannahmen, Anforderungen, Zulassungsvorschriften, Strukturauslegung, Festigkeitsnachweis, Materialien, Fertigung bis zum Versuch und Erprobung vertraut gemacht. Dazu haben sie die wesentlichen aerodynamischen und dynamischen Effekte am Hubschrauberrotor im Schwebe- und Vorwärtsflug verstanden und einen Überblick gewonnen über simulative und experimentelle Möglichkeiten der Analyse und Bewertung. |
| 13. Inhalt: | • Hubschrauberflugmechanik -Konzepte, Rotor- und Antriebssysteme<br>• Lastannahmen und Zulassungsvorschriften<br>• Vorentwurf, Strukturauslegung und Festigkeitsnachweis<br>• Werkstoffe, Fertigung und Flugerprobung<br>• Aerodynamik des Rotors im Schwebe- und Senkrechtflug<br>• Aerodynamik des Hubschraubers im Vorwärtsflug<br>• Grundlagen der Rotordynamik<br>• Numerische Verfahren zur Berechnung der Aerodynamik<br>• Experimentelle Verfahren |
| 14. Literatur: | Skripte und Vortragsfolien zu den Vorlesungen „Einführung in die Hubschraubertechnik" und „Hubschrauber-Aeromechanik" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445401 Vorlesung und Übungen Hubschraubertechnik<br>• 445402 Vorlesung Hubschrauber-Aeromechanik |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44541 Hubschraubertechnik (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 57010 Human Factors Engineering in Flight Deck Design

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900124 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Gernot Konrad |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Students know the basics of Human Factors Engineering and are familiar with the Human Factors Design Process with respect to Flight Deck Layout. |
| 13. Inhalt: | 1. Introduction to Human Factors Engineering<br>2. User-Centered Design<br>3. Situation Awareness<br>4. Workload and Stress<br>5. Automation<br>6. Human Factors Analysis<br>7. Human Factors Measures<br>8. Cost-Justifying Usability<br>9. The Human Factors Design Process at a typical OEM<br>10.Human Factors Compliance Demonstration |
| 14. Literatur: | Skript: Power Point Präsentation |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 570101 Vorlesung Human Factors Engineering in Flight Deck Design |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57011 Human Factors Engineering in Flight Deck Design (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von:

# Modul: 44550 Hyperschallströmung und -flug

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110124 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die Phänomene und Probleme beim Reichweiten- und Kurzzeit-Hochgeschwindigkeitsflug zu verstehen und Auslegungen vornehmen zu können. |
| 13. Inhalt: | Vorlesung „Hyperschallströmung"<br>• Teil 1: Reibungsfreie Strömung (2 SWS)<br>Übersicht: Flugkörperformen, aerodynamische und thermische Belastung;<br>Stoß-/Expansionsbeziehungen im Hyperschalllimit, Wellenreiterprinzip; Druckbeiwertbedeutung und- bestimmung (Newton-Methode), Ähnlichkeit<br>(Tsien-Parameter); konische Strömung (Taylor-Maccoll-Gl.); elliptischer Kegel /Querströmungseffekte; Strömungsfeldberechnung: Prinzip Raum-<br>/Zeitschrittverfahren<br>• Teil 2: Reibungsbehaftete Strömung (2 SWS)<br>Grenzschichtgleichungen, 2. Viskosität; laminare Platten-, Kegel-, Staupunktgrenzschicht<br>(Reibungsbeiwert, Stantonzahl, Reynoldsanalogie); turbulente Platten-, Kegelgrenzschicht; Referenztemperaturmethode; Laminarturbulente<br>Transition (Szenarien, Theorien, Vorhersage); Viskose Interaktion; Hochtemperatureffekte<br>(Vibrationsanregung, Dissoziation, Nicht-/Gleichgewicht) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>Anderson: Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics, AIAA Education<br>Hirschel: Basics of Aerothermodynamics. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445501 Vorlesung Hyperschallströmung und -flug 1<br>• 445502 Vorlesung Hyperschallströmung und -flug 2 |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Hyperschallströmung und -flug 1, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Hyperschallströmung und -flug 2, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44551 Hyperschallströmung und -flug (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 46510 Industrielle Aerodynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110102 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Uwe Gaisbauer |
| 9. Dozenten: | Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben eine vertiefte Kenntnis über komplexe Strömungsphänomene aus unterschiedlichen Bereichen der technischen und industriellen Anwendung erlangt. Sie sind in der Lage, unterschiedliche technische Strömungsanwendungen aus dem Bereich der viskosen Innenströmungen bis hin zur Außenumströmung von Fahrzeugen zu analysieren und zu deuten. |
| 13. Inhalt: | -Rohrhydraulik<br>-Schmiermittelströmung<br>-Fahrzeugaerodynamik<br>-Partikelströmung |
| 14. Literatur: | Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1 + 2, 3. Auflage, 1989.<br>Eck, B.: Technische Strömungslehre 1+2, 8. Auflage, 1978, 1981.<br>Hucho, W.H.: Aerodynamik des Automobils, 3. Auflage, 1994.<br>Schlichting, H, Gersten, K.: Grenzschicht-Theorie, 9. Auflage, 1997. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 465101 Vorlesung Industrielle Aerodynamik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 46511 Industrielle Aerodynamik (BSL), schriftliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44570 Industrielle Messtechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062300082 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Volker Schwieger |
| 9. Dozenten: | • Volker Schwieger<br>• Annette Schmitt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können verschiedenartige Sensorik für industrielle Anwendungen bewerten, einsetzen und kombinieren, sowie Datenerfassung mittels graphischer Entwicklungsumgebung entwickeln und programmieren. |
| 13. Inhalt: | • Aufgaben der industriellen Messtechnik<br>• Punktdefinition und Messadapter<br>• Mechanische Streckenmessung<br>• Wegaufnehmer und Messuhren<br>• Interferometrische Streckenmessung<br>• Interferometrische Winkelmessung<br>• Theodolitmesssysteme: Grundprinzip, Genauigkeit, Orientierung der Theodolite, Systemeigenschaften<br>• Lasertracker: Grundprinzip, Genauigkeit, Systemeigenschaften<br>• Koordinatenmessmaschinen und weitere mechanische Realisierungen (z. B. Messarme)<br>• Optical Tooling<br>• Weitere Spezialverfahren in der industriellen Messtechnik |
| 14. Literatur: | • Schlemmer, H.: Grundlagen der Sensorik. Wichmann Verlag, Heidelberg, 1996.<br>• Schwarz, W. (Red.): Vermessungsverfahren im Maschinen- und Anlagenbau. Schriftenreihe des DVW, Heft 13/1995, Verlag Konrad Wittwer,<br>Stuttgart, 1995 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445701 Vorlesung Industrielle Messtechnik<br>• 445702 Übung Industrielle Messtechnik |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Industrielle Messtechnik, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Industrielle Messtechnik, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44571 Industrielle Messtechnik (BSL), mündliche Prüfung, 15 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), Studienbegleitend |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 57190 Inertialnavigation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062100999 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Alfred Kleusberg |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | |
| 13. Inhalt: | |
| 14. Literatur: | |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 571901 Vorlesung Inertialnavigation |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57191 Inertialnavigation (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44580 Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700253 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Nach Ankuendigung |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Grazia Lamanna |
| 9. Dozenten: | • Grazia Lamanna<br>• Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strömungslehre, Thermodynamik |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden lernen, wie sich Dichtestörungen in kompressiblen Medien ausbreiten<br>• Die Studierenden verstehen den Unterschied zwischen akustischen, charakteristischen und Stoß-Wellen<br>• Die Studierenden verstehen den Unterschied zwischen stationärer und instationärer Wellenausbreitung<br>• Die Studierenden sind in der Lage Zustandsänderungen infolge intationärer Wellen zu berechnen<br>• Die Studierenden erhalten Einblick in die Gasdynamik instationär bewegter Wellen<br>• Die Studierenden lernen, wie ein Stoßrohr funktioniert und betrieben wird<br>• Die Studierenden können das „Stoßrohr-Problem" lösen |
| 13. Inhalt: | • Entstehung instationärer Wellen<br>• Bestimmung der Zustandsgrößen<br>• Instationäre Wellenausbreitung<br>• Phänomene am Stoßrohr |
| 14. Literatur: | • Oertel, H.: Stoßrohre, Springer-Verlag, 1966.<br>• Wright, J.K.: Shock Tubes, Methuen's Physical Monographs, 1961<br>• Sauer, R.: Nichtstationäre Probleme der Gasdynamik, Springer-Verlag, 1966. |

- A Herooldnearu,t iDca.Wl ., Schultz, D.L.: On the flow in a reflected-shock tunnel, Research Council (ARC) Reports and Memoranda, No. 3265, 1960.
- Oswatitsch, K.: Gasdynamik, Springer-Verlag, 1952.
- Zierep, J.: Vorlesung über theoretische Gasdynamik, Verlag G. Braun, Karlsruhe,1962
- Liepmann, H.W.; Roshko, A.: Elements of Gasdynamics, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1957.


| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 445801 Vorlesung Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44581 Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafelanschrieb, Overhead-Projektor, PowerPoint<br><br>Die Inhalte der Vorlesung werden zum Teil auf Deutsch und zum Teil auf Englisch vermittelt. |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45230 Integrierte Modulare Avionik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900013 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Matthias Lehmann |
| 9. Dozenten: | Matthias Lehmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studierende können Luftfahrtsysteme auf Basis der IMA-Technologie entwickeln und umsetzen. |
| 13. Inhalt: | Grundlagen IMA spezifischer Technologien im Hinblick auf<br>• Echtzeitverarbeitung, Operating-System, ARINC-API<br>• Entwicklungsumgebung<br>• Signalverarbeitung und Buskommunikation.<br>Entwicklung und Realisierung einer Kabinendrucksystemsteuerung<br>• Auslegen einer (Anwender-)funktion für eine Kabinendrucksystemsteuerung und Kabinendruckregelung<br>• Umsetzen der Steuerung/Regelung mit IMA-Elementen<br>• Verifikation der Kabinendrucksystemsteuerung und Kabinendruckregelung |
| 14. Literatur: | Skript zum Praktikum<br>Civil Avionics Systems (AIAA Education Series)von I. Moir, Sirona G. Knight, Ian Moir |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 452301 Praktikum Integrierte Modulare Avionik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h: (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45231 Integrierte Modulare Avionik (BSL), Sonstiges, 30 Min., Gewichtung: 1.0, (Präsentation mit mündlicher Prüfung) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von:

# Modul: 44060 Integrierte Modulare Avionik und Entwicklungsprozess

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Matthias Lehmann |
| 9. Dozenten: | Matthias Lehmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Integrierte Modulare Avionik (IMA):<br><br>Studierende haben vertiefte Kenntnisse in der IMA-Technologie. Sie können Luftfahrtsysteme auf Basis von IMA auslegen und realisieren.<br><br>Entwicklungsprozess:<br><br>Studierenden haben detaillierte Kenntnis vom Entwicklungsprozess software-dominanter Luftfahrtsysteme. Sie können solche Prozesse definieren und bewerten. |
| 13. Inhalt: | Integrierte Modulare Avionik:<br><br>Grundlagen IMA spezifischer Technologien im Hinblick auf<br><br>• Echtzeitverarbeitung, Operating-System, ARINC-API<br>• Entwicklungsumgebung<br>• Signalverarbeitung und Buskommunikation.<br>• Analyse verschiedener Avioniktechnologien und Avionikstrukturen in Passagierflugzeugen<br>• Spezielle Aspekte der Datenverarbeitung mit Segregation/Partitioning<br>• Kommunikationsnetzwerke in der Avionik<br><br>Entwicklung und Realisierung einer Kabinendrucksystemsteuerung<br><br>• Auslegen einer (Anwender-)funktion für eine Kabinendruckregelung<br>• Umsetzen von Anwenderfunktion mit IMA-Elementen |

| | |
|---|---|
| | • Verifikation der realisierten Kabinendruckregelung<br><br>Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen<br><br>• Entwicklungsstandards am Beispiel der Do178 und der ARP 4754<br>• Lesen und Interpretieren der Standards am Beispiel der Do178<br>• Grundlagen verschiedener Beschreibungsformen<br>• Grundlagen des Requirements Based Engineering<br>• Anwendung der Grundlagen an einem Beispiel mit gängigen Tools |
| 14. Literatur: | • Entwicklungsprozess: Skript<br>• Integrierte Modulare Avionik: Skript<br>• Civil Avionics Systems (AIAA Education Series)von I. Moir, Sirona G. Knight, Ian Moir<br>• Die Technik des modernen Verkehrsflugzeuges von Klaus Hünecke |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440601 Praktikum Integrierte Modulare Avionik<br>• 440602 Vorlesung Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Integrierte Modulare Avionik, Praktikum: 90h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 48 h)<br><br>Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen, Vorlesung: 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Gesamt: 180h (70h Präsenzzeit, 110h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44061 Integrierte Modulare Avionik und Entwicklungsprozess (Prüfung) (PL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, (Integrierte Modulare Avionik, Präsentation mit mündlicher Prüfung, 30 min., Gewichtung: 0.5; Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen, schriftliche Prüfung, 60 min., Gewichtung 0.5) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PPT, Tafel, Programmanwendungen, IMA-Laboreinrichtung |
| 20. Angeboten von: | Institut für Luftfahrtsysteme |

# Modul: 44600 Kinetische Gastheorie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700163 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jens Wolfersdorf |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die gaskinetischen Gebiete und können diese anhand thermodynamischer Parameter unterscheiden.<br>• Die Studierenden kennen die mikroskopischen Definitionen von Zustandsgrößen und deren mathematische Darstellung. |

| | |
|---|---|
| | • Die Studierenden verstehen das unterschiedliche Stoffverhalten von idealen Gasen in den gaskinetischen Gebieten.<br>• Die Studierenden können gaskinetische Effekte bei Anwendungen der Luft- und Raumfahrttechnik bewerten und den Gültigkeitsbereich von Kontinuumsverfahren einschätzen. |
| 13. Inhalt: | • Aufgaben und Methoden der Kinetischen Gastheorie, Verteilungsfunktion und makroskopische Zustandsgrößen, Beschreibung von Gasgemischen<br>• Molekulare Geschwindigkeitsverteilung, Stoßfrequenz, Transporteigenschaften in mäßig verdünnten Gasen und in stark verdünnten Gasen<br>• Die Maxwellverteilung und ihre Eigenschaften, Darstellung der Maxwellverteilung und Mittelwerte der molekularen Geschwindigkeiten, Effusion, Mittelwert der Relativgeschwindigkeit, Berechnung der Stoßfrequenz, Anregung innerer Freiheitsgrade<br>• Randbedingungen in verdünnten Gasen, Sprünge der Zustandsgrößen an Wänden, Wärmeleitung im stationären Fall, Hagen-Poiseuille-Strömung<br>• Boltzmanngleichung, Ansätze zur Lösung insb. Chapman-Enskog, Ableitung Euler- und Navier-Stokes-Gleichungen, numerische Lösungsansätze insb. Direct Simulation Monte Carlo |
| 14. Literatur: | Umdrucke, Vorlesungsaufschrieb, Folien<br>Arnold Frohn: Einführung in die Kinetische Gastheorie, 2. Aufl. Wittwer, 2006<br>Dieter Hänel: Molekulare Gasdynamik, Springer, 2004 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446001 Vorlesung Kinetische Gastheorie<br>• 446002 Übung Kinetische Gastheorie<br>• 446003 Tutorium Kinetische Gastheorie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kinetische Gastheorie, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Kinetische Gastheorie, Übungen: 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Kinetische Gastheorie, Seminar (freiwillig): 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Gesamt: 105h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 70 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44601 Kinetische Gastheorie (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44610 Kleinsatellitenentwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | Hans-Peter Röser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studierende verfügen über das grundlegende Wissen für die Entwicklung, den Bau und die Verifikation eines Kleinsatelliten. Sie kennen die Potentiale und Grenzen kleiner Satelliten. Weiterhin verfügen die Studenten über die Fähigkeit zur Auslegung der Nutzlast und des Satellitenbusses. Dies umfasst detaillierte Kenntnisse über die Satellitenstruktur, das Thermalsystem, das Lageregelungssystem sowie die Satellitenelektronik. Die Studenten besitzen die Fähigkeit, Basissimulationen der Kleinsatellitenentwicklung eigenständig durchzuführen |
| 13. Inhalt: | Vorlesung Kleinsatellitenentwurf:<br>• Grundlagen der Kleinsatellitenentwicklung<br>• Kleinsatellitenstrukturen<br>• Entwicklung des Thermalkontrollsystems<br>• Entwicklung des Lageregelungssystem<br>• Elektrische Architekturen und Leistungselektroniken für Kleinsatelliten<br>• Einführung in das Projektmanagement<br>• Kleinsatellitensysteme anhand von Satellitenbeispiele |

| | |
|---|---|
| | Praktikum Kleinsatellitenentwurf<br>• Durchführung von Machbarkeitsuntersuchen an einer gegebenen Satellitenmission<br>• Ermittlung der Systembudgets<br>• Grundlegende Auslegung der Nutzlast und des Satellitenbusses<br>• Präsentation der Ergebnisse<br><br>Seminar Kleinsatellitenentwurf<br><br>• Orbitanalysen von Kleinsatelliten<br>• Thermische Analyse von Kleinsatelliten<br>• Mechanischen Analyse von Kleinsatelliten |
| 14. Literatur: | Skripte zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446101 Vorlesung Kleinsatellitenentwurf<br>• 446102 Seminar Kleinsatellitenentwurf<br>• 446103 Praktikum Kleinsatellitenentwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kleinsatellitenentwurf, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h)<br>Kleinsatellitenentwurf, Seminar: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Kleinsatellitenentwurf, Praktikum: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44611 Kleinsatellitenentwurf (PL), schriftlich oder mündlich, Gewichtung: 1.0, Vorlesung Kleinsatellitenentwurf: schriftlich (60min) oder mündlich (20min); Wichtung: 34% Seminar und Praktikum Kleinsatellitenentwurf: Projektarbeit; Wichtung 66% |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44620 Komplexe Avioniksysteme I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900119 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Grundlagen komplexer fehlertoleranter Avioniksysteme kennen und können derartige Systeme entwerfen. |
| 13. Inhalt: | Grundlagen fehlertoleranter, „nicht zeitsynchroner“ verteilter Avioniksysteme:<br>• Erweiterung von Agreement, Reliable Broadcast, Consensus<br>• Grundlegende Mechanismen zum Betrieb solcher Systeme<br>Herleitung verteilter Systemarchitekturen.<br>Herleitung einer Software-Architektur.<br>Exemplarische Systemauslegung für ein Fly-by-Wire System für das Institutsflugzeug Diamond DA40. |
| 14. Literatur: | Reichel, R.: Komplexe Avioniksysteme I. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446201 Vorlesung Komplexe Avioniksysteme I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44621 Komplexe Avioniksysteme I (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von:

# Modul: 44630 Komplexe Avioniksysteme II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900120 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Matthias Lehmann |
| 9. Dozenten: | • Matthias Lehmann<br>• Mohamed Elmahdi |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060900119 Komplexe Avioniksysteme I |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden vertiefen die Kenntnisse aus der Lehrveranstaltung „Komplexe Avioniksysteme I“ in Form eines Praktikums. |
| 13. Inhalt: | Zur Vertiefung der Kenntnisse aus der Lehrveranstaltung „Komplexe Avioniksysteme I“ bauen die Studierenden im Labor einen Labordemonstrator auf.<br>• Auslegung eines vereinfachten Fly-by-Wire Systems auf Basis einer verteilten Avionikstruktur.<br>• Einarbeitung in ein teilautomatisiertes System-/Software-Entwicklungsverfahren.<br>• Systemrealisierung mittels des o.a. System-/Software-Entwicklungsverfahrens.<br>• System-Verifizierung/Validierung. |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Komplexe Avioniksysteme I, Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013.<br>• Praktikumsunterlagen zu Komplexe Avioniksysteme II, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446301 Praktikum Komplexe Avioniksysteme II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44631 Komplexe Avioniksysteme II (BSL), Sonstiges, 20 Min., Gewichtung: 1.0, (Präsentation) |

18. Grundlage für ... :

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 44640 Kompressible Strömungen I + II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110101 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Nach Ankuendigung |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Uwe Gaisbauer |
| 9. Dozenten: | • Grazia Lamanna<br>• Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Thermodynamik, Strömungsmechanik |
| 12. Lernziele: | |
| 13. Inhalt: | - Thermodynamische Grundlagen<br>- Stationäre, kompressible, thermische Strömungen<br>- Verdichtungs- und Expansionsphänomene<br>- Kompressible Strömungen mit Energiezufuhr<br>- Beispiele an Düsen- und Turbineströmungen |
| 14. Literatur: | Skript, Folien, Pflichtlektüre |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446401 Vorlesung Kompressible Strömungen I<br>• 446402 Vorlesung Kompressible Strömungen II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kompressible Strömungen I, Vorlesung: 28h (Präsenzzeit 28h, Selbststudium 62h)<br>Compressible flows II, lecture: 28h (Präsenzzeit 28h, Selbststudium 62h)<br>Gesamt: 180h (Präsenzzeit 56h, Selbststudium 124h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44641 | Kompressible Strömungen I + II (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 44650 Konstruieren mit Keramik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Philipp Fuhr |
| 9. Dozenten: | Hendrik Weihs |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben Kenntnisse über gängige keramische und faserkeramische Werkstoffe. Sie beherrschen die Konstruktionsregeln für spröde Werkstoffe und für thermal belastete Strukturen. Weiterhin kennen sie die spezifischen Eigenschaften faserverstärkter Keramiken. |
| 13. Inhalt: | Within this module the most important technical ceramics will be presented and discussed in terms of properties and application. Special design rules for brittle materials will be discussed. Fiber reinforced ceramics, their manufacturing and properties will be presented in more detail. This includes design principles and examples for thermally loaded structures, as mainly used for space vehicles with re-entry capability. |
| 14. Literatur: | Foliensatz der Vorlesung.<br>Keramische Verbundwerkstoffe, Walter Krenkel (Hersg.), Wiley-vch Verlag,<br>Weinheim, ISBN 3-527-30529-7 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446501 Vorlesung Konstruieren mit Keramik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44651 Konstruieren mit Keramik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von: Institut für Flugzeugbau

# Modul: 44660 Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120131 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen einen Überblick über die Discontinuous-Galerkin- Verfahren welche aktuell Thema der Forschung sind. Die Studierenden haben eine Vorstellung über die Eigenschaften, das Potential und die Anwendbarkeit dieser Verfahren. Sie sind zudem in der Lage je nach Anwendung die richtige Variante des DG Verfahrens zu wählen. |
| 13. Inhalt: | Nötige mathematische Grundlagen wie etwa Interpolation und Projektion bilden die Grundlage der Vorlesung. Anhand eines 1D Problems wird das DG-Vefahren hergeleitet und die nötigen Bausteine erläutert. Ausgehend davon, wird das DGVerfahren für mehrere Dimensionen hergeleitet und verschiedene Varianten konstruiert und diskutiert. Fokus liegt dabei auf Diskretisierungen mit Dreiecksgittern und Viereckgittern, wobei auch die Approximation mit gekrümmten Elementen diskutiert wird. Die Umsetzung des Verfahrens in einem Rechenprogramm wird erläutert und den Studierenden zur Verfügung gestellt. |
| 14. Literatur: | Ein Skript wird zur Verfügung gestellt.<br>„Nodal Discontinuous Galerkin Methods" von Jan Hesthaven und Tim Warburton<br>„Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations" von David Kopriva<br>Weitere Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446601 Vorlesung Konstruktion von Discontinuous Galerkin Verfahren |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44661 Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44670 Konstruktion von Flugtriebwerken

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400116 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Stephan Staudacher |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Konstruktion von Flugtriebwerken I:**<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die Schritte bei der Triebwerkskonstruktion und die geforderten Genauigkeiten.<br>• Die Studierenden verstehen die Bedeutung einer Produktstruktur.<br>• Die Studierenden sind in der Lage ein Flugtriebwerk mit Gondel zu dimensionieren.<br>• Die Studierenden verstehen die wesentlichen Triebwerksarchitekturen.<br>• Die Studierenden kennen wesentliche Kennwerte.<br>**Konstruktion von Flugtriebwerken II:**<br>• Die Studierenden verstehen die Kraftflüsse in Triebwerken.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten Lageranordnungen.<br>• Die Studierenden verstehen die Detailkonstruktion der Module. |
| 13. Inhalt: | **Konstruktion von Flugtriebwerken I:**<br>• Anforderungen<br>• Entwicklungsprozess<br>• Produktstruktur, FAST, SOP<br>• Kreisprozesswahl, Kenngrößen<br>• Dimensionierende Größen der Module<br>• Kerntriebwerk, Gasgenerator, Architekturen<br>• Gondelauslegung<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten.<br><br>**Konstruktion von Flugtriebwerken II:**<br>• Kraftflüsse im Triebwerk |

| | |
|---|---|
| | • Lageranordnung<br>• Schubgeschirr, Pylon<br>• Wellenkonstruktion<br>• Ringraumdiagramm<br>• Detailauslegung Verdichter, Brennkammer, Turbine<br>• Ölsystem<br>• Luftsystem<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |
| 14. Literatur: | Bretschneider S.: Knowledge-Based Preliminary Design of Aero-Engine Gas-Generators, ISBN: 978-3-86624-517-4 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446701 Vorlesung Konstruktion von Flugtriebwerken I<br>• 446702 Übung Konstruktion von Flugtriebwerken I<br>• 446703 Vorlesung Konstruktion von Flugtriebwerken II<br>• 446704 Übung Konstruktion von Flugtriebwerken II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Konstruktion von Flugtriebwerken I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Konstruktion von Flugtriebwerken II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44671 Konstruktion von Flugtriebwerken (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44680 Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Philipp Fuhr |
| 9. Dozenten: | Carlo Sigolotto |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Luftfahrtsysteme. Sie sind in der Lage wichtige Systeme wie z.B. die Steuerungsanlage konstruktiv zu definieren und auszulegen. Weiterhin besitzen sie luftfahrtspezifische Kenntnisse über die Grundlagen der Flugzeughydraulik und der Bordelektrik. |
| 13. Inhalt: | • Flugsteuerungsanlagen<br>• Kraftstoffsysteme<br>• Bordelektrik<br>• Verglasung von Luftfahrzeugen<br>• Grundlagen der Ölhydraulik<br>• Flugzeughydraulik<br>• Beleuchtungssysteme |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Moir, I: Aircraft systems : mechanical, electrical, and avionics subsystems integration |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446801 Vorlesung Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44681 Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von: Institut für Flugzeugbau

# Modul: 44690 Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Ansätze und Grundlagen zum Entwurf von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen kennen und kritisch hinterfragen. Hierzu werden klassische Verfahren vorgestellt vergleichend untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Ansätze, Methoden und Vorgehensweisen bekannter klassischer Algorithmen und Datenstrukturen kennen und analysieren. Hierzu gehören folgende Themen:<br>- Sortieralgorithmen<br>- Suchalgorithmen<br>- Hashverfahren<br>- Bäume und Graphen<br>- Graphenalgorithmen<br>- topologisches Sortieren<br>- maximale Zuordnungen<br>- stark zusammenhängende Komponenten<br>- kürzeste Wege<br>- Suche in Texten<br><br>Neuere Ingenieuralgorithmen und Verfahren<br>- Vernetzungsalgorithmen (Delaunay, ...)<br>- Packaging-Algorithmen (Heuristiken, ...)<br>- Routing-Algorithmen (Heuristiken, ...) |

| | |
|---|---|
| | Inspektion und Analyse von Datenstrukturen und Algorithmen in verfügbaren OpenSource Paketen:<br>- OpenCascade (CAD), Gmesh (Vernetzung), OpenFoam (CFD), CodeAster (FEM), ...<br><br>Entwurfssprachen<br>- Vokabeln, Regeln, Axiom, Produktionssysteme<br>- Eindeutigkeit, Vollständigkeit, Validierung und Verifikation |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Skiena, The Algorithm Design Manual<br>Ottmann, Widmayer: Algorithmen und Datenstrukturen<br>Sedgewick, Algorithms.<br>Schöning: Ideen aus der Informatik |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446901 Vorlesung Konzeption von Algorithmen I, Datenstrukturen und Entwurfssprachen<br>• 446902 Vorlesung Konzeption von Algorithmen II, Datenstrukturen und Entwurfssprachen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Konzeption von Algorithmen I: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Konzeption von Algorithmen II: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44691 Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44700 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062000303 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Nicolaas Sneeuw |
| 9. Dozenten: | Nicolaas Sneeuw |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Am Ende der LV ist der Studierende in der Lage, die in der Luft- und Raumfahrt und für die Geodäsie fundamentalen Begriffe Bezugssystem und Bezugsrahmen und ihre Festlegung zu verstehen, zu unterscheiden und einzusetzen. Er hat ein Grundverständnis für die den Transformationen zugrunde liegenden physikalischen Ursachen und |

| | |
|---|---|
| | ihrer Einflüsse auf die Festlegung raumfester, erdfester und bewegter Bezugssysteme. Ebenso ist er in der Lage, selbstständig die Korrekturen für Präzession, Nutation, Polbewegung zu ermitteln und die präzise Transformation zwischen raumfesten und erdfesten Bezugsrahmen in der Praxis durchzuführen. Er besitzt Grundkenntnisse über die in Deutschland vorherrschenden legalen Kartenkoordinaten (Gauß-Krüger und UTM) und beherrscht die in der Raumfahrt und Satellitengeodäsie verwendeten Zeitskalen und Zeitsysteme. |
| 13. Inhalt: | • Geodätische Koordinaten und -systeme (3D) sowie deren Transformation: kartesische Systeme, krummlinige Systeme (sphärisch, ellipsoidisch);<br>• Einführung Kartenkoordinaten(systeme);<br>• Drehmomente, -kräfte, -tensor, Kinematik und Dynamik im rotierenden System<br>• konventionelle Referenzsysteme und -rahmen<br>• Erdrotation, Präzession, Nutation, Polbewegung<br>• Tisserand-Prinzip, no net rotation, globale und regionale Netze<br>• Zeit und Zeitsysteme: Auf der Erdrotation gegründete Zeitsysteme, Zeitsysteme der Himmelsmechanik, Atomzeitsysteme; |
| 14. Literatur: | Seeber, Satellite geodesy, de Gryuter, 2003<br>Vorlesungsskript |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447001 Vorlesung Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudiumszeit 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44701 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44710 Laminar-turbulente Transition

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die Mechanismen der laminarturbulenten Transition von wandgebundenen Scherschichten zu verstehen und wichtige Transitionsvorhersagemethoden und -kontrollmaßnahmen nachvollziehen und anwenden zu können. |
| 13. Inhalt: | • Wege zur Turbulenz: Transition Road Map<br>• Primärinstabilitätstheorie (Rayleigh- / Orr-Sommerfeld-Gleichung, modales/nichtmodales Strörungswachstum)<br>• Transitionsvorhersage (e-hoch-N-Methode/subkritisches Wachstum))<br>• Einfluss Rauigkeit, Flügelpfeilung (Querströmung), Machzahl, Wandtemperatur;<br>• Sekundärinstabilitätstheorie (spektral/lokal)<br>• Transitionstypen/dynamische Strukturen<br>• Transitionskontrolle |
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>Schmid, Henningson: Stability and Transition in Shear Flows, Springer;<br>White: Viscous Fluid Flow, McGraw-Hill. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447101 Vorlesung Laminar-turbulente Transition |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44711 | Laminar-turbulente Transition (BSL), mündliche Prüfung, 25 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 44720 Lastannahmen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311102 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Joachim Greiner |
| 9. Dozenten: | • Rudolf Voit-Nitschmann<br>• Joachim Greiner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können die Bauvorschriften interpretieren und die entsprechenden Lastfälle definieren. Darauf aufbauend sind sie in der Lage Belastungsfälle für Luftfahrzeuge zu berechnen, die durch Manöver und Böen hervorgerufen werden. |
| 13. Inhalt: | • Gesetze und Bauvorschriften für Luftfahrzeuge<br>• Kräfte und Momente am Flugzeug<br>• Fluglasten<br>o Lasten im Horizontalflug, symmetrische Lasten<br>o Unsymmetrische Belastungen<br>o Lasten durch Ruderausschläge (Betätigungslasten)<br>o Böenlasten<br>• Bodenbelastungen |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Übungsblätter im ILIAS<br>Begleitbuch: Niu, M. C. Y.: Airframe Structural Design, Commilit Press Ltd.,<br>Hongkong, 1988 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 447201 Vorlesung Lastannahmen I+II<br>• 447202 Übung Lastannahmen I+II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Lastannahmen I+II, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Lastannahmen I+II, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h) |

| | |
|---|---|
| | Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44721 Lastannahmen (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44730 Leichtbau I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310103 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Maged Sorour<br>• Peter Middendorf |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten wissen die wesentlichen Grundlagen des Leichtbaus, Leichtbaumethoden, Leichtbauwerkstoffe sowie moderne Werkstoffsysteme. Die Studierenden werden mit dem Entwurf und Auslegung einzelner Strukturelemente im Bereich der Festigkeit, Steifigkeit vertraut gemacht. Die wichtigsten strukturmechanischen Auslegungsmethoden und Theorien werden dabei anhand realer Flugzeugstrukturen angewendet und praktiziert. |
| 13. Inhalt: | Kriterien der Leichtbaukonstruktionen, Leichtbaumethoden, Entwurfsphilosophien,<br>Systematik und Gestaltung von Leichtbaukonstruktionen, Berechnungsmethoden,<br>Gestaltleichtbau und geometrische Kenngrößen von Strukturkomponenten,<br>Werkstoffleichtbau und moderne Werkstoffsysteme, Strukturelemente, Zugelemente, Biegeelemente. |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Wiedemann, J.: Leichtbau |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447301 Vorlesung und begleitende Übungen Leichtbau I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44731 Leichtbau I (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44740 Leichtbau I, II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310102 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Maged Sorour<br>• Peter Middendorf |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden wissen die wesentlichen Grundlagen des Leichtbaus, Leichtbaumethoden,<br>Leichtbauwerkstoffe sowie moderne Werkstoffsysteme.<br>Die Studierenden werden mit dem Entwurf und der Auslegung einzelner Strukturelemente<br>im Bereich der Festigkeit, Steifigkeit und Stabilität vertraut gemacht. Die wichtigsten strukturmechanischen Auslegungsmethoden und Theorien werden<br>dabei anhand realer Flugzeugstrukturen angewendet und praktiziert. |
| 13. Inhalt: | Kriterien der Leichtbaukonstruktionen, Leichtbaumethoden, Entwurfsphilosophien,<br>Systematik und Gestaltung von Leichtbaukonstruktionen, Berechnungsmethoden,<br>Gestaltleichtbau und geometrische Kenngrößen von Strukturkomponenten,<br>Werkstoffleichtbau und moderne Werkstoffsysteme, Strukturelemente, Zugelemente, Biegeelemente, Druckelemente, Schub- und Zugfelder, Sandwichstrukturen, Überlagerungen und Krafteinleitung. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung |

| | |
|---|---|
| | Wiedemann, J.: Leichtbau<br>Kossira, H.: Leichtbau |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447401 Vorlesung und begleitende Übungen Leichtbau I, II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44741 Leichtbau I, II (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44750 Leichtbau II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Maged Sorour<br>• Peter Middendorf |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren (060310101) |
| 12. Lernziele: | Erweiterung der Lerninhalte des Leichtbau I auf dem Bereich der Auslegung von Leichtbau-Strukturelementen. Die Studierenden sind mit dem Entwurf und der Auslegung einzelner Strukturelemente im Bereich der Stabilität und Überlagerungen der Belastungen vertraut. Die Studierenden kennen die wichtigsten strukturmechanischen Auslegungsmethoden und Theorien und werden diese anhand realer Flugzeugstrukturen anwenden. |
| 13. Inhalt: | Druckelemente, Stäbe und Profile, Blechfelder, Versteifte Platten und Blechfelder, Torsionselemente, reine Torsion, Wölbkrafttorsion, Schub- und Zugfelder, Schubstege, Schubwände, Schubfeld-, Zugfeldträger. Überlagerungen bei Festigkeit- und Stabilitätsproblemen, Krafteinleitung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Wiedemann, J: Leichtbau |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447501 Vorlesung und begleitende Übungen Leichtbau II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44751 Leichtbau II (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44760 Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Peter Middendorf<br>• Maged Sorour |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten wissen die wesentlichen Grundlagen des Leichtbaus, Leichtbaumethoden, Leichtbauwerkstoffe sowie moderne Werkstoffsysteme und Fertigungsverfahren. Die Studierenden sind mit dem Entwurf und Auslegung einzelner Strukturelemente im Bereich der Festigkeit, Steifigkeit vertraut. Die wichtigsten strukturmechanischen Auslegungsmethoden und Theorien sind dabei anhand realer Flugzeugstrukturen angewendet und praktiziert. Die Studierenden lernen Vor- und Nachteile sowie praxisorientierte Auswahlkriterien kennen, die über einen optimierten Werkstoffeinsatz entscheiden und werden in die Lage versetzt, eine solche Auswahl selbst zu treffen. |
| 13. Inhalt: | Leichtbau I<br>Kriterien der Leichtbaukonstruktionen, Leichtbaumethoden, Entwurfsphilosophien, Systematik und Gestaltung von Leichtbaukonstruktionen, Berechnungsmethoden, Gestaltleichtbau und geometrische Kenngrößen von Strukturkomponenten, Werkstoffleichtbau und moderne Werkstoffsysteme, Strukturelemente, Zugelemente, Biegeelemente.<br>Werkstoffe<br>• Faserverbundwerkstoffe und Matrixsysteme<br>• Sandwichwerkstoffe (Schäume, Honigwaben, Faltkerne)<br>• Leichtmetalle<br>• Triebwerk-Werkstoffe<br>• Multifunktionale Werkstoffe<br>• Nano-Werkstoffe |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Wiedemann, J.: Leichtbau<br>Kossira, H.: Leichtbau |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 447601 Vorlesung und begleitende Übungen Leichtbau I<br>• 447602 Vorlesung Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Leichtbau I, Vorlesung, und begleitende Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h,<br>Selbststudium 62 h)<br>Werkstoffe und Fertigungsverfahren im Flugzeugbau, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h )<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44761 Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44770 Leichtbauseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Ronny Sachse |
| 9. Dozenten: | Ronny Sachse |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | • 060310103 Leichtbau I<br><br>**Achtung:** Der Kurs ist auf **18 Plätze** beschränkt.Die **Anmeldung** erfolgt in der **1. Woche im LSF** (genauere Infos gibt es in der Einführungsveranstaltung) |
| 12. Lernziele: | Nach erfolgreichem beenden des Moduls sind die Studierenden in der Lage, einfache Probleme auf Basis der FEM lösen zu können. Dazu gehören das Berechnen einfacher statischer Lastfälle für Metall- und Composite - Bauteile und die Bauteiloptimierung auf Basis der FEM. |
| 13. Inhalt: | • Klassische Laminattheorie<br>• Finite Elemente Methode<br>• Auslegung von FVK-Strukturen<br>• Topologieoptimierung<br><br>**Achtung:** Der Kurs ist auf **18 Plätze** beschränkt.Die **Anmeldung** erfolgt in der **1. Woche im LSF** (genauere Infos gibt es in der Einführungsveranstaltung) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden - Helmut Schürmann |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447701 Vorlesung und Seminar Leichtbauseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Leichtbauseminar, Seminar: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44771 Leichtbauseminar (BSL) (BSL), schriftlich und mündlich, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48690 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400191 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Laura Vranos |
| 9. Dozenten: | Laura Vranos |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Vorlesung „Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen" (BSc.) |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden wissen, welche Informationen und Randbedingungen sie zur Modellbildung von Flugzeugtriebwerken benötigen. Sie können die wichtigsten Funktionen eines grafisch unterstützten Leistungssyntheseprogramms (Gasturb) eigenständig bedienen. Damit können sie ein Triebwerk auf gegebene Betriebsdaten hin auslegen und bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen nachrechnen. Die Studierenden können das Verhalten von Triebwerkskomponenten bewerten. |
| 13. Inhalt: | • Wiederholung der benötigten Grundlagen für Triebwerke<br>• Wiederholen einer Zyklusrechnung<br>• Stationäre Leistungsrechnung: Zweck, Grundlagen (Mittenschnittsrechnung), Aufbau (Rechenwege), Beispiele für verwendete Programme<br>• Turbomaschinenkennfelder und wichtige Kennfeldkorrekturen (Gamma, Reynolds, Spalt, Untwist, Instrumentierung...)<br>• Massenstromgleichgewicht, Schließbedingungen, Kennfeldskalierer<br>• Einarbeitung in Gasturb 10 von Joachim Kurzke (CIP-Pool)<br>• Generierung von Betriebsdaten (JetCat)<br>• Auslegung eines Triebwerks anhand gegebener Betriebsdaten (Design) |

| | |
|---|---|
| | • Nachrechnung eines Triebwerkmodells für verschiedene Betriebsbedingungen (Berechnung von Betriebslinien, Parameterstudie)<br>• Transiente Leistungsrechnung<br>• Seminarbegleitendes Lernen von physikalischen Zusammenhängen innerhalb von Triebwerken |
| 14. Literatur: | Kurzke, J.: Gasturb 12 Manual, 2012, http://www.gasturb.de/manual.html |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 486901 Projektseminar Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48691 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44780 Lenkverfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | • Werner Grimm<br>• Thomas Kuhn |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die wichtigsten Grundbegriffe und Definitionen der Lenkung.<br>• Die Studierenden kennen die Schnittstellen der Lenkung mit den übrigen Komponenten des Flugkörpersystems, insbesondere mit der Regelung und Navigation.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten Verfahren zur Messung und Schätzung der Zielbewegung.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten Verfahren der autonomen und der kommandierten Lenkung.<br>• Die Studierenden kennen die regelungstechnischen Varianten zur Umsetzung des Lenkkommandos.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Lenkverfahren in einfacher Form zu simulieren. |
| 13. Inhalt: | • Klassifizierung von Szenarien und Lenkwaffentypen<br>• Flugkörperlenkung (Proportionalnavigation, Zieldeckungslenkung u.a.)<br>• Einbettung der Lenkung in das System Flugkörper<br>• Methoden zur Messung und Schätzung der Zielbewegung<br>• regelungstechnische Umsetzung des Lenkkommandos<br>• einfache Simulationsmodelle |
| 14. Literatur: | • W. Grimm, T. Kuhn: Lenkverfahren, Skript<br>• G.M. Siouris: Missile Guidance and Control Systems, Springer<br>• J.H. Blakelock: Automatic Control of Aircraft and Missiles, Wiley<br>• R.H. Battin: Astronautical Guidance, McGraw-Hill |

| | |
|---|---|
| | • Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 447801 Vorlesung Lenkverfahren<br>• 447802 Übung Lenkverfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Lenkverfahren, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Lenkverfahren, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44781 Lenkverfahren (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44790 Lineare Schätzverfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062000302 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Nicolaas Sneeuw |
| 9. Dozenten: | Nicolaas Sneeuw |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Kenntnis der Schätzverfahren erlaubt den Studenten, unbekannte Parameter aus Beobachtungen zu schätzen und deren Güte zu beschreiben. Studenten sind in der Lage, einen linearen Zusammenhang zwischen Parametern und Daten herzustellen, eventuell nach Linearisierung von nicht-linearen Vorgängen. Sie können selbständig entscheiden, welche funktionalen und stochastischen Modelle zur Ausgleichung/Parameterschätzung inkonsistenter Beobachtungen zweckmäßig eingesetzt werden. Sie sind in der Lage, die Qualität des Schätzergebnisses zu analysieren und zu beschreiben sowie durch statistische Testverfahren zu überwachen. |
| 13. Inhalt: | • Geschichte Grundlagen der Schätzverfahren in Geodäsie und Astronomie<br>• Beobachtungsgleichungen<br>• Stochastische Modellierung<br>• Lineare Schätztheorie, einschließlich geometrische Interpretation<br>• Linearisierung nicht-linearer Gleichungssysteme<br>• Gauss-Markoff-Modell, ohne und mit Restriktionen<br>• Hypothesentests<br>• Zuverlässigkeitsanalyse<br>• Anwendungen auf Probleme der Luft- und Raumfahrt |
| 14. Literatur: | • Sneeuw & Krumm (2011) Adjustment Theory, Skript, Universität Stuttgart<br>• Matlab |

| | |
|---|---|
| | • Teunissen PJG (2003) Adjustment Theory, Testing Theory, Delft Univ Press<br>• Niemeier, W. (2008) Ausgleichungsrechnung, de Gruyter, Berlin |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 447901 Vorlesung Lineare Schätzverfahren<br>• 447902 Übung Lineare Schätzverfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Lineare Schätzverfahren, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Lineare Schätzverfahren, Übung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44791 Lineare Schätzverfahren (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), schriftliche Prüfung |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600114 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Methoden zur Beurteilung der Schädigung von schwingend beanspruchten Konstruktionen des Maschinenwesens und speziell der Luft- und Raumfahrt.<br>• Sie beherrschen die rechnerischen und experimentellen Verfahren bzw. Konzepte zur Abschätzung der Lebensdauer einer Konstruktion und deren Elemente. Sie sind in der Lage, Ergebnisse der Lebensdauerabschätzung kritisch zu hinterfragen und zu beurteilen. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen die Unterschiede zwischen zügigen und zyklischen Materialkennwerten und beherrschen die Prüftechniken zur Ermittlung dieser Kennwerte.<br>• Die Studierenden sind vertraut mit den verschiedenen Verfahren zur Analyse und Synthese von Betriebsbeanspruchungen und wissen diese bei den unterschiedlichen Schadensakkumulationsmodellen entsprechend zu berücksichtigen. Sie sind vertraut mit den aktuellen problemorientierten Standard-Last-Zeit-Sequenzen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Festigkeit rissbehafteter Bauteile zu bestimmen, unter Berücksichtigung des entsprechenden Spannungs- bzw. Verformungszustandes.<br>• Sie kennen die verschiedenen Bruchmechanik-Parameter und deren vornehmliche Anwendungsbereiche sowie Vorgehensweisen zur Bestimmung des Rissfortschritts unter zyklischer Bauteilbeanspruchung. |
| 13. Inhalt: | • Einstufenversuch (Wöhlerversuch)<br>• Ermüdungsfestigkeit - Mechanismus und Einflüsse<br>• Statistische Auswertung<br>• Zählverfahren<br>• Betriebsfestigkeitsversuch<br>• Schadensakkumulation<br>• Randomversuche<br>• Analyse und Synthese von Lastabläufen<br>• Erscheinungsformen des Bruches<br>• Griffithsche Theorie<br>• Spannungsintensitätsfaktor<br>• Rissausbreitungsmodi<br>• Spannungsfeld um Rissspitze<br>• Plastische Zone<br>• R-Kurven-Konzept<br>• CTOD-Konzept<br>• J-Integral<br>• Dynamische Rissausbreitungsmodelle<br>• Lokales Konzept<br>• Rainflow-Zählmethode<br>• Gestaltsfestigkeit<br>• Standard-Lastfolgen<br>• Faserverbundwerkstoffe (MMC) |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448001 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik I<br>• 448002 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Materialermüdung und Bruchmechanik I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Materialermüdung und Bruchmechanik II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44801 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600125 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Methoden zur Beurteilung der Schädigung von schwingend beanspruchten Konstruktionen des Maschinenwesens und speziell der Luft- und Raumfahrt.<br>• Sie beherrschen die rechnerischen und experimentellen Verfahren bzw. Konzepte zur Abschätzung der Lebensdauer einer Konstruktion und deren Elemente. Sie sind in der Lage, Ergebnisse der Lebensdauerabschätzung kritisch zu hinterfragen und zu beurteilen. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen die Unterschiede zwischen zügigen und zyklischen Materialkennwerten und beherrschen die Prüftechniken zur Ermittlung dieser Kennwerte.<br>• Die Studierenden sind vertraut mit den verschiedenen Verfahren zur Analyse und Synthese von Betriebsbeanspruchungen und wissen diese bei den unterschiedlichen Schadensakkumulationsmodellen entsprechend zu berücksichtigen. Sie sind vertraut mit den aktuellen problemorientierten Standard-Last-Zeit-Sequenzen. |
| 13. Inhalt: | • Einstufenversuch (Wöhlerversuch)<br>• Ermüdungsfestigkeit - Mechanismus und Einflüsse<br>• Statistische Auswertung<br>• Zählverfahren<br>• Betriebsfestigkeitsversuch<br>• Schadensakkumulation<br>• Randomversuche<br>• Analyse und Synthese von Lastabläufen |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen<br><br>Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 500401 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 50041 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44810 Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jonas Schlotterbeck |
| 9. Dozenten: | Jonas Schlotterbeck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Erlangung theoretischer und praktischer Kenntnisse über die Prüftechnik, Probenherstellung, Probenprüfung, Auswertung |
| 13. Inhalt: | • Genormte Versuche<br>• Probenherstellung<br>• Prüfmaschine<br>• Probenprüfung<br>• Auswertung |
| 14. Literatur: | Skript: Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448101 Vorlesung mit praktischen Teilen Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44811 Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Beamer, Tafel, ILIAS |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugzeugbau |

# Modul: 44820 Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | • Claus-Dieter Munz<br>• Christian Rohde |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen wichtige mathematische Methoden zur Analyse der strömungsmechanischen Gleichungen. Sie verstehen den mathematischen Hintergrund von Erhaltungsgleichungen und die Konstruktionsprinzipien, welche auch den numerischen Verfahren zu Grunde liegen, die heute zur Simulation in der LRT eingesetzt werden. Sie können die gelernten mathematischen Methoden einsetzen zur Analyse von Erhaltungsgleichungen und zur Ableitung effizienter numerischer Approximationen. |
| 13. Inhalt: | Behandelt werden die Theorie von schwachen oder integralen Lösungen für Erhaltungsgleichungen. Die zentrale Rolle der Entropiebedingung wird dargestellt. Ein wichtiger Baustein für die Theorie, Numerik und selbst für das Experiment ist die Lösung des Riemannproblems. Aufbauend auf die Charakteristikentheorie wird die Lösung des Riemannproblems aufgezeigt. Die Übertragung der Theorie auf die Konstruktion von numerischen Verfahren, wie der Satz von Lax-Wendroff und die Konsistenz der numerischen Methoden in der Klasse der schwachen Lösungen wird beschrieben. |
| 14. Literatur: | A.J. Chorin, J.E. Marsden: A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics, Springer-Verlag 1979<br>E. Godlewski, P.A. Raviart: Numerical Approximation of Hyperbolic Systems of Conservation Laws, Springer-Verlag 1996 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448201 Vorlesung Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44821 Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44830 Mechanische Systeme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>- kennen die wichtigsten Kriterien zur Klassifizierung, Analyse und Stabilität<br>mechanischer Systeme,<br>- kennen die wichtigsten rheologischen Systemansätze zu Beschreibung von |

| | |
|---|---|
| | Materialdämpfung und Hysterese,<br>- können mechanische Systeme mit beliebiger Dämpfungsmatrix analysieren,<br>- können passive Schwingungstilgersysteme analysieren und auslegen und<br>kennen die Grundlagen für semiaktive und aktive Tilger,<br>- kennen den theoretischen Hintergrund der wichtigsten experimentellen Verfahren zur Strukturanalyse und -identifikation,<br>- erhalten einen ersten Einblick in Kreiselprobleme, Flatterprobleme und die<br>Theorie der Störungsrechnung,<br>- können einfache Verfahren zur Modellreduktion anwenden. |
| 13. Inhalt: | • Dämpfungsphänomene, -klassifizierung und -modellierung,<br>• Zusätzliche Zustandsgrößen,<br>• Zusammenfassung und Ausbau der Theorie zur Dämpfung linearer Systeme,<br>• Schwingungstilgung,<br>• Systemidentifikation und experimentelle Modalanalyse,<br>• Gyroskopische und zirkulatorische Kräfte,<br>• Klassifizierung, Analyse und Stabilität mechanischer Systeme,<br>• Modellreduktion. |
| 14. Literatur: | • Argyris, J. ; Faust, G. ; Haase, M.: Die Erforschung des Chaos. Braunschweig Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>• Fliege, N.: Systemtheorie. Stuttgart : Teubner, 1991<br>• Elspass, W.J.; Flemming, M.: Aktive Funktionsbauweisen : eine Einführung in die Struktronik. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1998<br>• Ewins, D.J.: Modal testing : theory, practice and application. 2. Aufl. Baldock ; Hertfordshire : Research Studies Press, 2000<br>• Gasch, R. ; Nordmann, R. ; Pfützner, H.: Rotordynamik. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2002<br>• Hamel, G.: Theoretische Mechanik. Berlin [u.a.] : Springer, 1978<br>• Isermann, R.: Identifikation dynamischer Systeme. Band 1 und 2. 2. Aufl. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1992<br>• Natke, H.G.: Einführung in Theorie und Praxis der Zeitreihen- und Modalanalyse. 3. Aufl. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1992<br>• Schwertassek, R. ; Wallrapp, O.: Dynamik flexibler Mehrkörpersysteme.Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1999<br>• Skript<br>• zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448301 Vorlesung Mechanische Systeme |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Mechanische Systeme , Vorlesung : 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44831 Mechanische Systeme (BSL), schriftliche Prüfung, 70 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint, Kurzvideos, kleine Experimente |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 44840 Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120301 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | • Uwe Iben<br>• Felix Jägle |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• Wissen, was Mehrphasenströmungen sind<br>• Wissen, was Kavitation ist<br>• Wissen, was Luftausgasung ist<br>• Wissen, wie man Modelle für Phasenübergang und Luftausgasung erstellt und anwendet<br>• Verstehen, warum Strömungsmechanik und Thermodynamik so eng miteinander verbunden sind<br>• Wissen, was Zustandsgleichungen für Flüssigkeiten sind<br>• Wissen, wie man für technische Fragestellungen, bei denen Mehrphasenströmungen zugrunde liegen, Lösungsansätze findet. Hierzu gibt es verschiedene Beispiele unterschiedlicher Komplexität.<br>• Wissen, welche Methoden zur Simulation von Mehrphasenströmungen in Industrie und Wissenschaft verwendet werden<br>• Wissen, welche grundlegenden physikalischen Gesetze an Phasengrenzen und für einzelne Tropfen/Blasen gelten und wie diese mathematisch modelliert werden<br>• Wissen, was die direkte Simulation freier Grenzflächen ist, welche Methoden verwendet werden, verstehen deren Funktionsprinzip und kennen deren Vor- und Nachteile<br>• Kennen die Problematik der Simulation kompressibler Zweiphasenströmungen und die daraus resultierenden numerischen Ansätze |

| | |
|---|---|
| | • Wissen, was disperse Zweiphasenströmungen sind und welche Methoden zu deren Simulation es gibt, verstehen deren Funktionsprinzip und kennen deren Vor-und Nachteile |
| 13. Inhalt: | Teil 1: Ein-und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie<br>Grundlagen der Strömungsmechanik<br>• Hydrostatik<br>• Zugspannungen in Flüssigkeiten<br>• Kräfte auf Wände<br>• Fliessverhalten<br>• Strömungsformen<br>• Kompressibilität, Schallgeschwindigkeit<br><br>Kompression und Expansion von kompressiblen Flüssigkeiten<br>• Zustandsänderungen<br><br>Grundgleichungen der Strömungsmechanik<br>• Navier-Stokes-Gleichungen<br>• Eindimensionale Erhaltungsgleichungen<br>• Das p-System<br>• Unstetige Querschnittsänderungen<br>• Numerische Berechnung des Verlustbeiwertes<br><br>Anwendung der Grundgleichungen<br>• 6 Beispiele aus verschiedenen industriellen Anwendungen<br><br>Zweiphasenströmungen<br>• Modellierung von kavitierenden Strömungen<br>• Barotrope Zweiphasenströmungen<br>• Homogene Gleichgewichtszweiphasenströmung<br>• Inhomogene Zweiphasenströmungen<br>• Stoffübergang an der Phasengrenze<br>• Verdampfen und Kondensieren von reinen Flüssigkeiten<br>• Numerische Auswertung<br>• Blasendynamik<br>• Luftgehalt in Flüssigkeiten<br>• Stossfronten im Zweiphasengebiet<br>• Koaliszenz von zwei Luftblasen in Flüssigkeit<br>• Fluid-Partikel-Strömungen<br>• Reibungsmodelle für 1D-Strömungsmodelle<br>• Eigenfrequenz hydraulischer Systeme<br><br>Teil 2: Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen<br>Grundlagen<br>• Modelle für Grenzflächen<br>• Oberflächenspannung<br>• Benetzung (Kontaktwinkel)<br>• Strömungswiderstand von Partikeln/Einzeltropfen<br>• Verdampfung<br><br>Direkte Simulation freier Grenzflächen<br>• Grenzflächenverfolgung: Lagrange-Methoden, VOF, Level-set<br>• Grenzflächenkopplung: Diffuse-Interface, Sharp-Interface Methoden<br>• Modellierung der Oberflächenspannung<br>• Kompressibel: Problematik, Ghost-Fluid, Riemannlöser<br><br>Simulation von dispersen Zweiphasenströmungen<br>• Euler-Lagrange Verfahren |

| | |
|---|---|
| | • Euler-Euler Verfahren: Versch. Formulierungen, Polydispersion |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Folien werden als Skript zur Verfügung gestellt Verschiedene Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben. Weitere Information: http://www.iag.uni-stuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html<br>Bücher:<br>Clift, Grace, Weber. Bubbles, Drops and Particles. Dover<br>Frohn, Roth. Dynamics of Droplets. Springer.<br>Tryggvason, Scardiovelli, Zaleski. Direct Numerical Simulations of Gas-Liquid<br>Multiphase Flows. Cambridge. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448401 Vorlesung Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44841 Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48380 Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400120 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Andreas Putz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die wichtigsten Messverfahren sowie -techniken kennen, welche in der Luft- und Raumfahrttechnik eingesetzt werden. Sie kennen die physikalischen Prinzipien hinter den Messverfahren sowie die Vor- bzw. Nachteile der Verfahren. Die Studenten haben die Fähigkeit, geeignete Messtechniken für verschiedene Anwendungen zu identifizieren. |
| 13. Inhalt: | Verschiedene Vorträge zu Messverfahren auf den folgenden Gebieten:<br><br>- Strömungsmechanik: Druckmesstechnik, Hitzdrahtanemometrie<br>- Thermodynamik: Wärmeübertragungsvorgänge, Tropfenuntersuchungen<br>- Strukturmechanik: Zerstörungsfreie Prüfung<br>- Raumfahrt: Satellitengestützte Messverfahren<br>- Windenergie: Wind-, Belastungs- und Leistungsmessungen an Windenergieanlagen<br>- Flugzeugbau: UAVs als Messplattformen<br>- Verbrennung: Emissionsmessung an Fluggasturbinen und Brennkammern<br>- Regelungstechnik: Schätzverfahren<br>- Industriebeitrag<br><br>Darüber hinaus gibt es noch einen Vortrag bezüglich der Thematik der Messunsicherheiten und Messfehler sowie einen Einführungsvortrag in LabVIEW. |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Profos, Paul; Pfeifer, Tilo: Grundlagen der Meßtechnik. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 5. Auflage, 1997. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 483801 Vorlesung Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48381 Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Beamergestützte Vorlesung und teilweise Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | Institut für Luftfahrtantriebe |

# Modul: 44850 Messverfahren des Wärmetransports

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700181 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rico Poser |
| 9. Dozenten: | Rico Poser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die theoretischen Grundlagen und Messprinzipien verschiedener Temperatur-, Wärmeleitfähigkeits- und Wärmestrommessverfahren.<br>• kennen die Bedeutung der wichtigsten dimensionslosen Kennzahlen und können mit deren Hilfe Versuche auslegen und planen.<br>• können geeignete Messverfahren für eine gestellte Messaufgabe hinsichtlich des Wärmetransports auswählen und sind in der Lage die gewonnenen Messdaten auszuwerten.<br>• kennen wichtige Einflussgrößen zur Messfehlerabschätzung. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen zu Wärmetransport, Wärmeübergangskoeffizient, Erhaltungsgleichungen, dimensionslosen Kennzahlen<br>• Messprinzipien verschiedener Temperaturmessverfahren (z.B. Widerstandsthermometer, Thermoelemente, Thermalfarben, Temperatursensitive Farben, Thermochromatische Flüssigkristalle, |

| | |
|---|---|
| | Infrarot); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. Einbausituationen, Fehlerquellen)<br>• Messprinzipien verschiedener Wärmeleitfähigkeitsmessverfahren (z.B. stationäre Verfahren, instationäre/transiente Verfahren)<br>• Messprinzipien verschiedener Wärmestrommessverfahren (z.B. Wand-Wärmestromsensoren, stationäre Verfahren, instationäre/ transiente Verfahren, Analogien); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. am Originalbauteil, an Modellen, stationär vs. rotierend, Postprocessing, Fehlerbetrachtungen) |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung (Entwurf)<br>Eckert & Goldstein: Measurements in Heat Transfer, 2nd Ed., 1976<br>Bernhard: Technische Temperaturmessung, 2004<br>Incropera & DeWitt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 1996<br>Tropea, Yarin & Foss: Handbook of Experimental Fluid Mechanics, Springer, 2007 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448501 Vorlesung Messverfahren des Wärmetransports |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44851 Messverfahren des Wärmetransports (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Folienpräsentation, Anschauungsmaterial, 1x Labortermin, 1x Praxistermin |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45180 Methoden der Sicherheitsanalyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900122 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Philipp Luithardt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studierende haben vertiefte Kenntnis in grundlegenden und angewandten Methoden zur Sicherheitsanalyse von Luftfahrtsystemen. |
| 13. Inhalt: | Spezielle Kapitel der Wahrscheinlichkeitsrechnung<br>Markov Analyse<br>Dependability Analyse<br>Fehlerbaumanalyse<br>FMEA-Prozess (Fehler-Mode & -Effekt Analyse)<br>Anwendungsbeispiele |
| 14. Literatur: | Luithardt, P.: Methoden der Sicherheitsanalyse. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013.<br><br>Clifton, Ericson. Hazard Analysis Techniques for System Safety. John Wiley Sons, Inc. 2005<br><br>Meyna, Pali. Taschenbuch der Zuverlässigkeits- und Sicherheitstechnik.<br><br>Hanser, 2003. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451801 Vorlesung Methoden der Sicherheitsanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45181 | Methoden der Sicherheitsanalyse (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 44590 Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse in speziellen Methoden der Modellierung und Analyse von Luftfahrt- und Avioniksystemen. |
| 13. Inhalt: | Systemmodellierung und -analyse mittels<br>• Aussagenlogik<br>• SysML, UML<br>• regelbasierter Ansätze |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 445901 Seminar Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44591 Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0, |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49620 Modellbildung für Finite Elemente I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ernst Schrem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die in den Basiskursen vermittelten Grundlagen werden durch anwendungsorientierte Kenntnisse erweitert, welche beim praktischen Einsatz der Methode der Finiten Elemente benötigt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der linearelastischen Berechnung von Bauteilen und Tragwerken: Lastabtragung, Verformungen (Steifigkeit), Festigkeit (Spannungen), Eigenschwingungen (Dynamik).<br><br>Die Studierenden können im Besonderen dabei die konstruktionsbegleitende Berechnung berücksichtigen, die immer größere Bedeutung erlangt gegenüber der reinen Nachrechnung bereits festgelegter Konstruktionen. Hier ist der Berechnungsingenieur als Partner des Konstrukteurs von Anfang an in den Konstruktionsprozeß eingebunden. Er kann dabei bereits in einer sehr frühen Phase durch die Modellierung, Berechnung und Bewertung von Zwischenlösungen einen wesentlichen Beitrag zur effizienten Produktentwicklung und zu besonders hochwertigen Ergebnissen liefern. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Teil I: Grundlagen der Modellbildung, Kontinua und Diskrete Systeme, Element-Netze, Festlegung der Systemgrenze, Lagerung, Diskretisierung der Belastung, Darstellung und Interpretation der Spannungsfelder. |
| 14. Literatur: | Vorlesungsmanuskript,<br>E. Schrem: Diskrete Mechanische Systeme (als pdf) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496201 Vorlesung Modellbildung für Finite Elemente I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49621 Modellbildung für Finite Elemente I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600122 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ernst Schrem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben ihre Grundlagenkenntnisse durch anwendungsorientierte Kenntnisse erweitert, dies befähigt sie zum praktischen Einsatz der Methode der Finiten Elemente. Dies im Besonderen bei der linearelastischen Berechnung von Bauteilen und Tragwerken: Lastabtragung, Verformungen (Steifigkeit), Festigkeit (Spannungen), Eigenschwingungen (Dynamik).<br><br>Die Studierenden können damit konstruktionsbegleitende Berechnungen durchführen, die immer größere Bedeutung erlangt gegenüber der reinen Nachrechnung bereits festgelegter Konstruktionen. Sie können z.B. als Berechnungsingenieur als Partner des Konstrukteurs von Anfang an im Konstruktionsprozeß unterstützen. Sie können dabei bereits in einer sehr frühen Phase durch die Modellierung, Berechnung und Bewertung von Zwischenlösungen einen wesentlichen Beitrag zur effizienten Produktentwicklung und zu besonders hochwertigen Ergebnissen liefern. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Teil I: Grundlagen der Modellbildung, Kontinua und Diskrete Systeme, Element-Netze, Festlegung der Systemgrenze, Lagerung, Diskretisierung der Belastung, Darstellung und Interpretation der Spannungsfelder.<br><br>Teil II: Diskrete mechanische Systeme, lineare Kinematik, Gleichgewichtskräftesysteme und Kraftfluss im Inneren, Aufbau und Lösung der Systemgleichungen der Statik und Dynamik, Voraussetzungen für Modellvereinfachungen, elastomechanischer Kontakt, redundante Freiheitsgrade. |
| 14. Literatur: | Vorlesungsmanuskript,<br><br>E. Schrem: Diskrete Mechanische Systeme (als pdf) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496101 Vorlesung Modellbildung für Finite Elemente I + II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49611 Modellbildung für Finite Elemente I + II (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44860 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Georg Heinrich Herdrich<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die gaskinetischen Gebiete und können diese anhand thermodynamischer Parameter unterscheiden. Sie kennen die mikroskopischen Definitionen von Zustandsgrößen und deren mathematische Darstellung, verstehen das unterschiedliche Stoffverhalten von idealen Gasen in den gaskinetischen Gebieten und können gaskinetische Effekte bei Anwendungen der Luft- und Raumfahrttechnik bewerten und den Gültigkeitsbereich von Kontinuumsverfahren einschätzen.<br>Die Studierenden kennen die auftretenden aerothermodynamischen Phänomene während des Eintritts von Raumflugkörpern in eine Atmosphäre sowie deren physikalischen Ursprung. Sie kennen verschiedene Modelle für die numerische Simulation derartiger Phänomene und wissen über deren Gültigkeits- und Genauigkeitsbereich. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | • Kinetische Gastheorie: Aufgaben und Methoden, Verteilungsfunktion und makroskopische Zustandsgrößen, Beschreibung von Gasgemischen, molekulare Geschwindigkeitsverteilung, Stoßfrequenz, Transporteigenschaften in mäßig und stark verdünnten Gasen, Maxwellverteilung und ihre Eigenschaften, Darstellung der Maxwellverteilung und Mittelwerte der molekularen Geschwindigkeiten, Effusion, Mittelwert der Relativgeschwindigkeit, Berechnung der Stoßfrequenz, Anregung innerer Freiheitsgrade, Randbedingungen in verdünnten Gasen, Sprünge der Zustandsgrößen an Wänden, Wärmeleitung im stationären Fall, Hagen-Poiseuille-Strömung<br>• Aerothermodynamik: Boltzmanngleichung - Ansätze zur Lösung insbesondere Chapman-Enskog, Ableitung Euler- und Navier-Stokes-Gleichungen, numerische Lösungsansätze insb. Direct Simulation Monte Carlo. Wiedereintrittstrajektorie, Gas- und Strömungsnatur, aerothermodynamische Phänomene und Effekte, Erhaltungsgleichungen, Hochtemperatureffekte (thermochemische Relaxationen, Mehr-Temperatur-Modelle, Quellterme der Speziesgleichungen, Reaktionsschema für Hochtemperatur-Luft, Gleichgewichtskonstanten), Transportkoeffizienten, Gas-Oberflächenwechselwirkung, Gasstrahlung |
| 14. Literatur: | Umdrucke, Vorlesungsaufschrieb, Folien<br>Arnold Frohn: Einführung in die Kinetische Gastheorie, 2. Aufl. Wittwer, 2006<br>Dieter Hänel: Molekulare Gasdynamik, Springer, 2004 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448601 Vorlesung Kinetische Gastheorie<br>• 448602 Seminar Kinetische Gastheorie<br>• 448603 Vorlesung Aerothermodynamik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kinetische Gastheorie, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 56 h)<br>Kinetische Gastheorie, Übungen: 21 h (Präsenzzeit: 7 h, Selbststudium: 14 h)<br>Aerothermodynamik, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 195 h (Präsenzzeit: 63 h, Selbststudium: 132 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44861 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 51970 Moderne Methoden der Regelungstechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Regelung, Navigation und Systementwurf, Modul 060200100 |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage, anhand des Frequenzgangs die Eigenschaften eines Regelkreises zu beurteilen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Unsicherheiten des Streckenmodells systematisch zu beschreiben.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, Regelkreise auf robuste Stabilität und robuste Regelqualität hin zu prüfen und robuste Regler zu entwerfen.<br>• Die Studierenden beherrschen die Stabilitätsbegriffe und -kriterien für nichtlineare Systeme. Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte Methoden der nichtlinearen Regelung anzuwenden.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, digitale Regelkreise zu modellieren und zu entwerfen. |
| 13. Inhalt: | • Störeinflüsse und Übertragungsfunktionen im Regelkreis, Beurteilung eines Regelkreises anhand des Frequenzgangs<br>• Analyse linearer Mehrgrößensysteme mithilfe von Singulärwertdiagrammen<br>• Beschreibung strukturierter und unstrukturierter Modellunsicherheiten, Kriterien für robuste Stabilität und robuste Regelqualität<br>• H-Unendlich-Regelung<br>• mue-Analyse<br>• nichtlineare Regelung: Stabilitätsbegriffe und -kriterien, Kennfeldregelung, nichtlineare Vorsteuerung, Ein/Ausgangs-Linearisierung, praktische Berechnung von Arbeitspunkten, Eigenschaften nichtlinearer Systeme mit linearem Regler |

| | |
|---|---|
| | • digitale Regelung: diskretes Streckenmodell im Zeit- und Frequenzbereich, Shannon-Theorem, Berücksichtigung der Diskretisierung im kontinuierlichen Entwurf, diskrete Entwurfsmethoden für lineare Ein- und Mehrgrößensysteme |
| 14. Literatur: | W. Grimm: Regelungstechnik 3, Skript<br><br>W. Grimm: Nichtlineare Regelung, Skript<br><br>W. Grimm: Digitale Regelung, Skript<br><br>K. Müller: Entwurf robuster Regelungen, Teubner<br><br>J. Raisch: Mehrgrößenregelung im Frequenzbereich, Oldenbourg<br><br>Skogestad, S. und I. Postlethwaite: Multivariable Feedback Control, Analysis and Design, Wiley<br><br>J. Lunze: Regelungstechnik 2, Springer<br>H. P. Geering: Regelungstechnik, Springer<br>S. Engell: Entwurf nichtlinearer Regelungen, Oldenbourg<br>J.-J. E. Slotine: Applied Nonlinear Control, Prentice Hall<br><br>Vortragsfolien und Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 519701 Vorlesung Robuste Regelung<br>• 519702 Robuste Regelung<br>• 519703 Vorlesung Nichtlineare und digitale Regelung<br>• 519704 Nichtlineare und digitale Regelung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Robuste Regelung, Vorlesung: 14 h Präsenzzeit, 31 h Selbststudium<br><br>Robuste Regelung, Übung: 14 h Präsenzzeit, 31 h Selbststudium<br><br>Nichtlineare und digitale Regelung, Vorlesung: 14 h Präsenzzeit, 31 h Selbststudium<br><br>Nichtlineare und digitale Regelung, Übung: 14 h Präsenzzeit, 31 h Selbststudium |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 51971 Moderne Methoden der Regelungstechnik (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49660 Nichtlineare Finite Elemente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600124 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Michael Reck |
| 9. Dozenten: | Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente II |
| 12. Lernziele: | Nichtlineare Finite Elemente<br><br>Die Studierenden lernen anhand von geometrischen Nichtlinearitäten, wie bei einer nichtlinearen Finite-Elemente-Analyse vorgegangen wird. Mithilfe von einfachen Beispielen lernen sie, wie nichtlineare Finite Elemente hergeleitet werden und wie die nichtlinearen Modellgleichungen des Finite-Elemente-Modells gelöst werden können. |
| 13. Inhalt: | Nichtlineare Finite Elemente<br><br>• Einführung in die Tensorrechnung<br>• Einführung in die Kontinuumsmechanik<br>• Allgemeine mathematische Formulierung nichtlinearer Probleme der Mechanik<br>• Kritische Punkte und Stabilität<br>• Herleitung von geometrisch nichtlinearen Finiten Elementen<br>• Lösungsmethoden für die nichtlineare Finite-Elemente-Analyse<br>• Ausgewählte Beispiele |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Literatur:<br>H.R. Schwarz, Methode der finiten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart<br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,<br>1986<br>J. T. Oden, Finite Elements of Nonlinear Continua, McGraw-Hill, 1972<br>T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, 2000 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496601 Vorlesung Nichtlineare Finite Elemente |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49661 Nichtlineare Finite Elemente (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 37090 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600110 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manfred Hahn |
| 9. Dozenten: | • Ioannis Doltsinis<br>• Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Grundzüge der Elastostatik, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Nichtlineare Finite Elemente<br><br>Die Studierenden können mit geometrischen und werkstoffabhängigen Nichtlinearitäten umgehen und aus diesem Verständnis heraus mit nichtlinearen Aufgabenstellungen im Allgemeinen umgehen und diese grundsätzlich lösen.<br><br>Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua<br><br>Die Studierenden sind mit den Eigenheiten elastisch-plastischen Verhaltens metallischer Werkstoffe bei monotoner wie auch bei wechselnder Beanspruchung vertraut, und kennen die mathematischen Ansätze zu dessen Beschreibung.<br><br>Sie wissen, die Festigkeitsreserven der plastischen Verformung bei der Bauteildimensionierung einzuschätzen. |

Sie kennen die grundlegenden Verfahren zur Lösung elastisch-plastischer Probleme und sind in der Lage in bestimmten Fällen analytische Ansätze zu erarbeiten.

Sie sind vertraut mit der Tragfähigkeit elastisch-plastischer Systeme und beherrschen die Methoden zu deren Abschätzung bzw. Eingrenzung.

Sie wissen über Versagen bzw. Anpassung des Tragwerks bei wechselnder Belastung Bescheid und können die Bedingungen für einen sicheren Einsatz festlegen.

Sie beherrschen die grundlegenden Algorithmen elastisch-plastischer Berechnungen mit finiten Elementen, können das numerische Verhalten der Lösung wie Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit ergründen und interpretieren. Ebenso die numerische Lösung mit Hilfe des vermittelten theoretischen Hintergrunds.

Sie kennen den Einfluss von der Temperatur sowie von der Zeit bei Werkstoffen mit viskosen Komponenten (Kriechen).

Sie wissen über die Signifikanz von endlichen Formänderungen für die Bauteilstabilität.

Sie sind mit der Modellierung von inelastischen Prozessen und mit deren numerischen Behandlung vertraut.

13. Inhalt:

Nichtlineare Finite Elemente

- Lineare und nichtlineare Berechnung
- Geometrische Nichtlinearitäten
- Nichtlineares Material
- Lagrangesche und Eulersche Formulierungen
- Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE)
- Lösungsmethoden und Stabilität (im-/explizit)
- Ausgewählte Beispiele

Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua

- Stoffverhalten und mathematische Ansätze
- Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua - Lösungsmethoden, Fallstudien
- Tragfähigkeit und ihre Abschätzung - Traglasttheoreme
- Wechselbelastung - Theorie der Anpassung
- Numerische Berechnungsverfahren - Algorithmen, numerisches Verhalten
- Einfluss von Temperatur und Zeit
- Signifikanz endlicher Formänderungen - Bauteilstabilität

Modellierung und Simulation inelastischer Prozesse

14. Literatur:

Skript zur Vorlesung

Ergänzende Vortragsfolien

Literatur:

H.R. Schwarz, Methode der finiten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart

K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,

| | |
|---|---|
| | 1986<br><br>J. T. Oden, Finite Elements of Nonlinear Continua, McGraw-Hill, 1972<br><br>T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, 2000<br><br>I. Doltsinis, Elements of Plasticity - Theory and Computation, WIT Press Southampton 2000, 2nd edition 2010<br><br>I. Doltsinis, Large Deformation Processes of Solids, WIT Press Southampton 2004 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 370901 Vorlesung Nichtlineare Finite Elemente<br>• 370902 Vorlesung und Übung Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 37091 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44880 Nichtlineare Optimierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage, praktische Optimierungsprobleme in die Standardform eines nichtlinearen Parameteroptimierungsproblems zu überführen und die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für die Lösung aufzustellen.<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über gradientenbasierte numerische Lösungsverfahren für nichtlineare Parameteroptimierungsprobleme. Zu jedem Verfahren sind die zugrunde liegende Entwurfsidee und die praktischen Vor- und Nachteile bekannt. |
| 13. Inhalt: | • das nichtlineare Parameteroptimierungsproblem: Aufgabenstellung und Beispiele<br>• notwendige und hinreichende Bedingungen für ein lokales Minimum<br>• gradientenbasierte numerische Verfahren für unbeschränkte Probleme (Gradientenverfahren, Newton- und Quasi-Newton-Verfahren usw.)<br>• gradientenbasierte numerische Verfahren für beschränkte Probleme (SQP-Verfahren usw.) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | • W. Grimm, K.H. Well: Nichtlineare Optimierung, Skript<br>• J.S. Arora, Introduction to Optimum Design, McGraw-Hill<br>• R. Fletcher, Practical Methods of Optimization, Wiley<br>• P.E. Gill, Numerical Methods for Constrained Optimization, Academic Press<br>• G.L. Nemhauser et al. (eds.), Optimization, Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol. 1, North Holland<br>• Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448801 Vorlesung Nichtlineare Optimierung<br>• 448802 Übung Nichtlineare Optimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Nichtlineare Optimierung, Vorlesung: 58 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 30 h)<br>Nichtlineare Optimierung , Übung: 32 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 18 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44881 Nichtlineare Optimierung (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0, mit Hilfsmitteln |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44890 Nichtlineare und digitale Regelung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200116 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Regelung, Navigation und Systementwurf, Modul 060200100 |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Stabilitätsbegriffe und -kriterien für nichtlineare Systeme. Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte Methoden der nichtlinearen Regelung anzuwenden.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, digitale Regelkreise zu modellieren und zu entwerfen. |
| 13. Inhalt: | • nichtlineare Regelung: Stabilitätsbegriffe und -kriterien, Kennfeldregelung, nichtlineare Vorsteuerung, Ein/Ausgangs-Linearisierung, praktische Berechnung von Arbeitspunkten, Eigenschaften nichtlinearer Systeme mit linearem Regler<br>• digitale Regelung: diskretes Streckenmodell im Zeit- und Frequenzbereich, Shannon-Theorem, Berücksichtigung der Diskretisierung im kontinuierlichen Entwurf, diskrete Entwurfsmethoden für lineare Ein- und Mehrgrößensysteme |
| 14. Literatur: | • W. Grimm: Nichtlineare Regelung, Skript<br>• W. Grimm: Digitale Regelung, Skript<br>• J. Lunze: Regelungstechnik 2, Springer<br>• H. P. Geering: Regelungstechnik, Springer<br>• S. Engell: Entwurf nichtlinearer Regelungen, Oldenbourg<br>• J.-J. E. Slotine: Applied Nonlinear Control, Prentice Hall<br>• Vortragsfolien und Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448901 Vorlesung Nichtlineare und digitale Regelung<br>• 448902 Übung Nichtlineare und digitale Regelung |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Nichtlineare und digitale Regelung, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Nichtlineare und digitale Regelung, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44891 Nichtlineare und digitale Regelung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44910 Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120302 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Felix Jägle |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• Wissen, welche Methoden zur Simulation von Mehrphasenströmungen in Industrie und Wissenschaft verwendet werden<br>• Wissen, welche grundlegenden physikalischen Gesetze an Phasengrenzen und für einzelne Tropfen/Blasen gelten und wie diese mathematisch modelliert werden<br>• Wissen, was die direkte Simulation freier Grenzflächen ist, welche Methoden verwendet werden, verstehen deren Funktionsprinzip und kennen deren Vor- und Nachteile<br>• Kennen die Problematik der Simulation kompressibler Zweiphasenströmungen und die daraus resultierenden numerischen Ansätze<br>• Wissen, was disperse Zweiphasenströmungen sind und welche Methoden zu deren Simulation es gibt, verstehen deren Funktionsprinzip und kennen deren Vor-und Nachteile |
| 13. Inhalt: | Grundlagen<br>• Modelle für Grenzflächen<br>• Oberflächenspannung<br>• Benetzung (Kontaktwinkel)<br>• Strömungswiderstand von Partikeln/Einzeltropfen<br>• Verdampfung<br>Direkte Simulation freier Grenzflächen<br>• Grenzflächenverfolgung: Lagrange-Methoden, VOF, Level-set<br>• Grenzflächenkopplung: Diffuse-Interface, Sharp-Interface Methoden |

| | |
|---|---|
| | • Modellierung der Oberflächenspannung<br>• Kompressibel: Problematik, Ghost-Fluid, Riemannlöser<br>Simulation von dispersen Zweiphasenströmungen<br>• Euler-Lagrange Verfahren<br>• Euler-Euler Verfahren: Versch. Formulierungen, Polydispersion |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Folien werden als Skript zur Verfügung gestellt<br>Verschiedene Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben.<br>Weitere Information: http://www.iag.uni-stuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html<br>Bücher:<br>Tryggvason, Scardiovelli, Zaleski. Direct Numerical Simulations of Gas-Liquid<br>Multiphase Flows. Cambridge. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 449101 Vorlesung Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44911 Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44920 Numerische Strömungsmechanik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Claus-Dieter Munz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen einen Überblick über die numerischen Verfahren, die in den aktuellen Strömungsmechanik-Rechenprogrammen benutzt werden und kennen deren grundlegenden Eigenschaften. Die Studierenden sind in der Lage, zu entscheiden, welches numerische Verfahren für eine vorliegende Anwendung geeignet ist. Sie haben eine Vorstellung, wie die Qualität und die Genauigkeit der numerischen Ergebnisse beurteilt werden kann. |
| 13. Inhalt: | Diese Vorlesung erweitert die Kenntnisse der numerischen Verfahren über partielle Differenzialgleichungen auf die Gleichungen der Strömungsmechanik. Im Bereich der Approximation von kompressiblen Strömungen sind dies vor allem Finite-Volumen-Verfahren. Es werden sogenannte Shock-Capturing-Verfahren besprochen mit einer Übersicht über deren Konstruktion. Die Simulation kompressibler Strömungen, wie dies insbesondere für die Luft- und Raumfahrttechnik wichtig ist, nimmt dabei den größten Teil der Vorlesung ein. Daneben werden aber auch numerische Verfahren für schwach kompressible oder inkompressible Strömungen vorgestellt und auf deren Konstruktionsprinzipien eingegangen. Der Zusammenhang mit der Aeroakustik und ein Ausblick auf die aktuelle Forschung werden zum Abschluss behandelt. Die Umsetzung der Verfahren in Rechenprogramme wird exemplarisch an einfachen Beispielen aus den Anwendungen demonstriert. |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Folien werden als Skript zur Verfügung gestellt |

| | |
|---|---|
| | Verschiedene Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben. Grundlagen zur Vorlesung findet man z.B. im Buch: C.-D. Munz, T. Westermann: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen, 3. Auflage, Springer 2012 Weitere Information: http://www.iag.uni-stuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449201 Vorlesung Numerische Strömungsmechanik<br>• 449202 Übung Numerische Strömungsmechanik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Numerische Strömungsmechanik, Vorlesung:60 h (Präsenszeit:28 h, Selbststudium 32 h)<br>Numerische Strömungsmechanik, Übungen: 30 h (Präsenszeit 7 h, Selbststudium 23 h)<br>Gesamt: 90h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44921 Numerische Strömungsmechanik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44930 Numerische Strömungssimulation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Claus-Dieter Munz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Numerische Strömungsmechanik:**<br>Die Studierenden besitzen einen Überblick über die numerischen Verfahren, die in den aktuellen Strömungsmechanik-Rechenprogrammen benutzt werden und kennen deren grundlegenden Eigenschaften. Die Studierenden sind in der Lage, zu entscheiden, welches numerische Verfahren für eine vorliegende Anwendung geeignet ist. Sie haben eine Vorstellung, wie die Qualität und die Genauigkeit der numerischen Ergebnisse beurteilt werden kann.<br>**CFD-Programmierseminar:**<br>Die Studierenden besitzen einen Überblick über die praktische Implementierung numerischer Verfahren, die in aktuellen Strömungsmechanik- Rechenprogrammen benutzt werden. Die Studierenden sind in der Lage, einzelne Programmteile selbst zu modifizieren und das Rechenprogramm zu validieren. Sie können die Qualität und die Genauigkeit der erzielten numerischen Ergebnisse beurteilen. |
| 13. Inhalt: | **Numerische Strömungsmechanik:**<br>Diese Vorlesung erweitert die Kenntnisse der numerischen Verfahren über partielle Differenzialgleichungen auf die Gleichungen der Strömungsmechanik. Im Bereich der Approximation von kompressiblen Strömungen sind dies vor allem Finite-Volumen-Verfahren. Es werden sogenannte Shock-Capturing-Verfahren besprochen mit einer Übersicht über deren Konstruktion. Die Simulation kompressibler Strömungen, wie dies insbesondere für die Luft- und Raumfahrttechnik wichtig ist, nimmt dabei den größten Teil der Vorlesung |

| | |
|---|---|
| | ein. Daneben werden aber auch numerische Verfahren für schwach kompressible oder inkompressible Strömungen vorgestellt und auf deren Konstruktionsprinzipien eingegangen. Der Zusammenhang mit der Aeroakustik und ein Ausblick auf die aktuelle Forschung werden zum Abschluss behandelt. Die Umsetzung der Verfahren in Rechenprogramme wird exemplarisch an einfachen Beispielen aus den Anwendungen demonstriert.<br>**CFD-Programmierseminar:**<br>Diese Vorlesung behandelt die Umsetzung der numerischen Verfahren der Strömungsmechanik in Rechenprogramme. Zunächst wird mit einem vorgegebenen Rechenprogramm, einem Finite-Volumen-Verfahren für kompressible Strömungen auf einem unstrukturierten Gitter, eine Keilströmung simuliert. Danach kann man selbst Teile des Programms mit entwickeln und validieren. So werden in einem Projekt verschiedene Flussfunktionen programmiert und untersucht oder auch eine Erweiterung auf die Genauigkeit 2. Ordnung ausgeführt. Eigene Programmierung, Validierung und Anwendung des modifizierten Programms unter Anleitung sind die wesentlichen Aktivitäten in dieser praktische Lehrveranstaltung. In Rahmen von Kurzvorträgen wird über die Ergebnisse berichtet. |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Folien werden als Skript zur Verfügung gestellt<br>Verschiedene Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben. Grundlagen zur Vorlesung findet man z.B. im Buch: C.-D. Munz, T. Westermann: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen, 3. Auflage,<br>Springer 2012<br>Weitere Information: http://www.iag.uni-stuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449301 Vorlesung Numerische Strömungsmechanik<br>• 449302 Übung Numerische Strömungsmechanik<br>• 449303 CFD-Programmierseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Numerische Strömungsmechanik, Vorlesung:60 h (Präsenszeit 28 h, Selbststudium 32 h)<br>Numerische Strömungsmechanik, Übungen: 30 h (Präsenszeit 7 h, Selbststudium 23 h)<br>CFD-Programmierseminar, Seminar: 90 h (Präsenszeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44931 Numerische Strömungssimulation (LBP), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44940 Numerische Verbrennungssimulation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060800101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Peter Gerlinger |
| 9. Dozenten: | Peter Gerlinger |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• die theoretischen Grundlagen zur numerischen Simulation von Brennkammerströmungen (Verbrennung)<br>• Diffusionsprozesse in Flammen und deren Beschreibung<br>• Auswirkungen der physikalischen und chemische Vorgänge bei der Verbrennung auf deren numerische Simulation<br>• Schwierigkeiten (und deren Ursachen) bei Verbrennungssimulationen<br>• Methoden zur stabilen Simulation von Verbrennung |
| 13. Inhalt: | • Transportgleichungen zur Beschreibung von Verbrennungsprozessen<br>• Diffusiver Wärme- und Stofftransport<br>• Der chemische Produktionsterm in den Speziesgleichungen<br>• Diskretisierung und numerische Lösungsansätze<br>• Ursachen steifer Gleichungssysteme in der Verbrennung<br>• Stabilitätsanalyse<br>• Homogene Reaktionssysteme<br>• Numerische Verfahren für steife Gleichungssyteme<br>• Punkt-Implizite Lösungsansätze<br>• etc |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>P. Gerlinger, Numerische Verbrennungssimulation<br>E. Oran, J.P. Boris, Numerical Simulation of Reactive Flows |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449401 Vorlesung Numerische Verbrennungssimulation<br>• 449402 Tutorium/Übung Numerische Verbrennungssimulation |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Numerische Verbrennungssimulation, Vorlesung: 62 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 34 h)<br>Numerische Verbrennungssimulation, Tutorium/Übungen: 28 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44941 Numerische Verbrennungssimulation (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45680 Optimale Tragwerksauslegung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513109 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | • Jörg Wagner<br>• Ioannis Doltsinis |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Tragwerksoptimierung<br><br>Die Studierenden<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik strukturieren und adäquat beschreiben, und zwar einschließlich Mehrzielkriterien,<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik klassifizieren,<br>- besitzen einen Überblick über die Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können einfache Optimierungsprobleme ohne und mit Randbedingungen analytisch lösen,<br>- kennen die wesentlichen Grundlagen numerischer Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik, |

- können zwei typische numerische Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik anwenden,
- kennen das Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren in der Strukturmechanik.

Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung

- Die Studierenden sind mit der Quantifizierung von streuenden Daten vertraut und wissen über ihre Bedeutung für das Verhalten von Tragwerken sowie für das Ergebnis von technologischen Prozessen.
- Sie beherrschen analytische und synthetische Methoden zur Berechnung des stochastischen Tragwerksverhaltens bei gegebenen Eingangsdaten für

- Elastische Tragwerke
- Große Verschiebungen
- Elastisch-plastische Tragwerke
- Nichtlineare Dynamik
- Inelastische Formänderungsprozesse

- Sie wissen über die Optimierung von Tragwerken sowie Prozessen bei stochastischem Verhalten, sind mit der Robustheit gegenüber streuenden Konditionen vertraut und können entsprechende Auslegungsverfahren einsetzen.
- Sie sind in der Lage, die Bedeutung der Eingangsdaten sowie die Eignung des Systems für robuste Auslegung zu beurteilen.
- Sie beherrschen die Begriffe der Zuverlässigkeit und Lebensdauer, kennen Verfahren zur Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Bauteilen (analytische Verfahren erster- und zweiter Ordnung sowie Synthese stochastischer Simulation).
- Sie können auf eine vorgegebene Ausfallwahrscheinlichkeit hin optimieren und die Zuverlässigkeit von Tragsystemen abschätzen im Serien- Parallel- oder Standby- Modus.
- Sie sind mit den Begriffen der stochastischen Feldgrößen bzw. stochastischen Prozessen vertraut und wissen diese zu charakterisieren.
- Sie lernen durchweg, der Streuung mittels analytischer Approximation sowie alternativ durch stochastische Monte Carlo Simulation Rechnung zu tragen.

13. Inhalt:

Tragwerksoptimierung

- Einführung und Motivation
- Klassifikationsmerkmale für Optimierungsprobleme
- mathematische Beschreibung tragwerkstypischer Optimierungsprobleme
- allgemeines Vorgehen beim Optimalentwurf
- analytische Optimierungsverfahren
- numerische Verfahren für tragwerkstypische Optimierungsprobleme (insbes. Liniensuch-, Straffunktions-, duales Lösungsverfahren)
- Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren

Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung

- Streuung und Charakterisierung
- Stochastische Tragwerksanalyse mittels Taylorreihe - elastisch, nichtlinear, plastisch, nichtlineare Dynamik
- Optimale Auslegung - Robustheit
- Monte Carlo Verfahren - Tragwerksanalyse und Entwurfsertüchtigung

| | |
|---|---|
| | - Zuverlässigkeit - Systeme und Bauteile, analytische Approximation, stochastische Simulation, Optimierung und Zuverlässigkeit<br>- Zeitabhängige Phänomene - stochastische Prozesse und -Felder, Lebensdauer<br>- Inelastische Formänderungsprozesse - Signifikanz der Eingangsstreuung, numerische Analyse, optimale Auslegung |
| 14. Literatur: | - Arora, J.S.: Introduction to optimum design. 2 Aufl. Amsterdam/... : Elsevier Academic Press, 2004<br>- Baier, H. ; Seeßelberg, C. ; Specht, B.: Optimierung in der Strukturmechanik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>- Kirsch, U.: Structural Optimization. Berlin/… : Springer, 1993<br>- Papageorgiou, M.: Optimierung : statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung. 2. Aufl. München ; Wien : Oldenbourg, 1996<br>- Pardalos, P.M. ; Resende, M.G.C. (Hrsg.): Handbook of applied optimization. Oxford ; Berlin : Oxford University Press, 2002<br>- Skript<br><br>- Ioannis Doltsinis, Stochastic Methods in Engineering, WIT Press Southampton 2012<br>- Ergänzende und zusammenfassende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 456801 Vorlesung Tragwerksoptimierung<br>• 456802 Vorlesung Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit: 56 Stunden<br><br>Selbststudiumszeit: 124 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45681 Optimale Tragwerksauslegung (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 44950 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen im Modul „Nichtlineare Optimierung", Modulkürzel 060200111 |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind mit der mathematischen Problemstellung (Optimalsteuerungsproblem) vertraut und kennen typische Beispiele aus der Luft- und Raumfahrt.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems aufzustellen und daraus ein Randwertproblem abzuleiten.<br>• Die Studierenden kennen die Arbeitsweise und Eigenschaften so genannter direkter Verfahren zur Lösung von Optimalsteuerungsproblemen. |
| 13. Inhalt: | • Optimalsteuerungsproblem: allgemeine Aufgabenstellung in verschiedenen Ausbaustufen, spezielle Aufgabenstellungen in der Luft- und Raumfahrt<br>• notwendige Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems, akademische und praktische Anwendungsbeispiele, auf den notwendigen Bedingungen aufbauende numerische Lösungsverfahren (indirektes Mehrzielverfahren) |

| | |
|---|---|
| | • direkte Methoden zur Lösung eines Optimalsteuerungsproblems (direktes Mehrzielverfahren, direkte Kollokation)<br>• Rechnerübungen zum Kennenlernen professioneller Bahnoptimierungsprogramme |
| 14. Literatur: | • W. Grimm: Bahnoptimierung für Luft- und Raumfahrzeuge, Skript<br>• A.E. Bryson, Y.-Ch. Ho: Applied Optimal Control, Hemisphere Publishing<br>• B.A. Conway (ed.): Spacecraft Trajectory Optimization, Cambridge U. Press |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 449501 Vorlesung Optimalsteuerung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44951 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44960 Optimierung und Optimalsteuerung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200120 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage, praktische Optimierungsprobleme in die Standardform eines nichtlinearen Parameteroptimierungsproblems zu überführen und die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für die Lösung aufzustellen.<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die numerischen Lösungsverfahren für nichtlineare Parameteroptimierungsprobleme. Das betrifft insbesondere die einem Verfahren zugrunde liegende Entwurfsidee und die praktischen Vor- und Nachteile.<br>• Die Studierenden sind mit der Aufgabenstellung der optimalen Steuerung vertraut und kennen typische Beispiele aus der Luft- und Raumfahrt.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems aufzustellen und daraus ein Randwertproblem abzuleiten.<br>• Die Studierenden kennen die Arbeitsweise und Eigenschaften so genannter direkter Verfahren zur Lösung von Optimalsteuerungsproblemen. |
| 13. Inhalt: | • das nichtlineare Parameteroptimierungsproblem: Aufgabenstellung und Beispiele<br>• notwendige und hinreichende Bedingungen für ein lokales Minimum<br>• numerische Verfahren für unbeschränkte Probleme (Gradientenverfahren, Newton- und Quasi-Newton-Verfahren usw.)<br>• numerische Verfahren für beschränkte Probleme (SQP-Verfahren usw.) |

| | |
|---|---|
| | • Optimalsteuerungsproblem: allgemeine Aufgabenstellung in verschiedenen Ausbaustufen, spezielle Aufgabenstellungen in der Luft- und Raumfahrt<br>• notwendige Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems, akademische und praktische Anwendungsbeispiele, auf den notwendigen Bedingungen aufbauende numerische Lösungsverfahren (indirektes Mehrzielverfahren)<br>• direkte Methoden zur Lösung eines Optimalsteuerungsproblems (direktes Mehrzielverfahren, direkte Kollokation)<br>• Rechnerübungen zum Kennenlernen professioneller Bahnoptimierungsprogramme |
| 14. Literatur: | • W. Grimm, K.H. Well: Nichtlineare Optimierung, Skript<br>• W. Grimm: Bahnoptimierung für Luft- und Raumfahrzeuge, Skript<br>• J.S. Arora, Introduction to Optimum Design, McGraw-Hill<br>• R. Fletcher, Practical Methods of Optimization, Wiley<br>• P.E. Gill, Numerical Methods for Constrained Optimization, Academic Press<br>• G.L. Nemhauser et al. (eds.), Optimization, Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol. 1, North Holland<br>• A.E. Bryson, Y.-Ch. Ho: Applied Optimal Control, Hemisphere Publishing<br>• B.A. Conway (ed.): Spacecraft Trajectory Optimization, Cambridge U. Press<br>• Vortragsübungen zu Nichtlinearer Optimierung im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449601 Vorlesung Nichtlineare Optimierung<br>• 449602 Übung Nichtlineare Optimierung<br>• 449603 Vorlesung Optimalsteuerung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Nichtlineare Optimierung, Vorlesung: 48 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 40 h)<br>Nichtlineare Optimierung, Übung: 44 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 30 h)<br>Optimalsteuerung, Vorlesung: 68 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 40 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44961 Optimierung und Optimalsteuerung (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44980 Plasmatechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500119 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 9.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 7.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Georg Heinrich Herdrich |
| 9. Dozenten: | • Christian Sleziona<br>• Georg Heinrich Herdrich<br>• Stefan Löhle |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Nach diesem Modul haben die Studierenden einen Überblick bezüglich der terrestrischen und raumfahrtbezogenen Anwendungsgebiete der Plasmatechnologie. Über das Verständnis der Plasmaströmungen hinausgehend, kennen die Studierenden terrestrische Plasmaanwendungen und die hierfür relevanten Plasmasysteme. Mit der Kenntnis der Funktion der Plasmasysteme und von Zweiphasenströmungen erkennen die Studierenden die Komplexität der Plasmaanwendungen und sind in der Lage, Einordnungen und Interpretationen für die technischen Anwendungen sowie den zugehörigen Plasmasystemen zu erbringen. Schließlich haben sie auch einen vertieften Überblick über die typischen Messverfahren, die zur Charakterisierung dieser hochenergetischen Strömungen eingesetzt werden. |
| 13. Inhalt: | • Messverfahren für hochenthalpe Strömungen: Einleitung, Grundlagen der Messtechnik (Druck, Temperatur, Massenflüsse, Strahlung, etc.), Mechanische Sonden für hochenergetische Strömungen (Totaldruck-, Wärmestromdichte-, Enthalpiesonden), Massenspektrometrie, Langmuirsonden, aktive und passive spektroskopische Verfahren (Pyrometrie, Radiometrie, Emissionsspektroskopie, Laserdiagnostik, etc.).<br>• Plasmaströmungen für Raumfahrtanwendungen: Grundlagen der Gasentladung, Plasmaeigenschaften, Erhaltungssätze für mehrkomponentiges Plasma, Relaxationszeiten (Reaktionen, |

| | |
|---|---|
| | Temperatur und Drift), Plasmaschwingungen, Ohmsches Gesetz für Plasmen, Plasmagrenzschicht, Magnetohydrodynamik, Erzeugung von Laborplasmen.<br>• Plasmaverfahren für industrielle Prozesse: Einführung und Grundlagen, geschichtlicher Überblick, Industrielle Anwendung von Gleichstromplasmaquellen, Zweiphasenströmungen, Gleichstromplasmaquellen, gepulste Plasmaquellen, induktive und dielektrische Plasmaquellen, industrielle Anwendung induktiver Plasmaquellen, Mikrowellenplasmaquellen, Barriereentladungen u. Laserprozesse. |
| 14. Literatur: | Umdrucke, Vorlesungsaufschrieb, Folien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449801 Praktikum Messverfahren für hochenthalpe Strömungen<br>• 449802 Praktikum Messverfahren für hochenthalpe Strömungen<br>• 449803 Vorlesung Plasmaströmungen für Raumfahrtanwendungen<br>• 449804 Vorlesung Plasmaverfahren für industrielle Prozesse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 32 h)<br>Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, Praktikum: 30 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 16 h)<br>Plasmaströmungen für Raumfahrtanwendungen, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Plasmaverfahren für industrielle Prozesse, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 270 h (Präsenzzeit 98 h, Selbststudium 172 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44981 Plasmatechnik (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44990 Profilentwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110141 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Thorsten Lutz |
| 9. Dozenten: | Thorsten Lutz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen des Moduls „Aerodynamik und Flugzeugentwurf I" (060101001) |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können Profilpolaren lesen und interpretieren und kennen den Einfluss wesentlicher geometrischer und aerodynamischer Parameter auf die Polaren.<br>• Sie wissen wie sich durch Änderungen der Druckverteilung am Profil die aerodynamischen Eigenschaften beeinflussen lassen, zum Beispiel im Hinblick auf die Laminarhaltung oder die Vermeidung vonAblösungen.<br>• Sie kennen die wesentlichen Grundlagen und Anwendungsgrenzen eines Programms zum inversen Entwurf von Profilen und können das Programm zur zielgerichteten Entwicklung von Profilen für vorgegebene Aufgaben anwenden. |
| 13. Inhalt: | • Reibungsfreie und reibungsbehaftete Profilumströmung<br>• Lesen und Interpretieren von Profilpolaren<br>• Laminare und turbulente Profilgrenzschichten, Grenzschichtumschlag, laminare Ablöseblasen<br>• Grundlagen und Anwendung eines Profilentwurfsprogramms<br>• Auslegung von Laminarprofilen durch Gestaltung der Druckverteilung (laminarer Profilteil, Hauptdruckanstieg, Umschlagsrampen, Abbau von Saugspitzen) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Profilentwurfsprogramm<br>R. Eppler: Airfoil design and data |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449901 Vorlesung Profilentwurf<br>• 449902 Gruppenübung Profilentwurf<br>• 449903 Seminar Profilentwurf<br>• 449904 Individuelle Anleitung zum Profilentwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Profilentwurf, Vorlesung: 32 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 18 h)<br>Profilentwurf, Gruppenübungen: 12 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 5 h)<br>Profilentwurf, Seminar: 46 h (Präsenzzeit 21 h, Selbststudium 25 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 58 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44991 Profilentwurf (BSL), Sonstiges, 20 Min., Gewichtung: 1.0, benoteter Seminarvortrag (20 Minuten) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Programmanwendungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Aerodynamik und Gasdynamik |

# Modul: 45000 Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120132 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen grundlegende Kenntnisse über DG-Verfahren und verschiedene Implementierungsstrategien. Sie besitzen Kenntnis über die einzelnen nötigen Bausteine und können diese implementieren. Zudem haben sie eine Vorstellung über den allgemeinen Programmablauf. |
| 13. Inhalt: | Es werden die wichtigsten Bausteine und Operatoren des DG-Verfahrens hergeleitet, implementiert und zur Verfügung gestellt. Besonderer Fokus liegt auf der Beurteilung der Effizienz verschiedener Varianten. Jeder Studierende erhält eine Programmieraufgabe im Kontext von DG-Verfahren welche mit einer beliebigen Programmiersprache umgesetzt werden soll. |
| 14. Literatur: | Ein Skript wird zur Verfügung gestellt. Ein dokumentierter Code wird zur Verfügung gestellt.<br>„Nodal Discontinuous Galerkin Methods" von Jan Hesthaven und Tim Warburton<br>„Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations" von David<br>Kopriva<br>Weitere Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450001 Vorlesung Programmierung von Disontinuous Galerkin Verfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45001 | Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 45010 Rapid Prototyping

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310107 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Joachim Greiner |
| 9. Dozenten: | Joachim Greiner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind in der Lage Modelle in der Sinter-Technologie zu bauen. Dabei lernen sie die Funktionsweise der Maschine kennen, sowie die Anforderungen an die CAD Datensätze und deren Bearbeitung. Es werden beim Erstellen der CAD-Daten Konstruktionsverfahren vermittelt, die speziell für die spätere Verwendung der Daten in einer Laser-Sinter-Maschine von Vorteil sind. Weiterhin wird auf die Bearbeitung von CAD Daten in unterschiedlichen Formaten genauer eingegangen. |
| 13. Inhalt: | - Funktionsweise Laser-Sinter-Anlage<br>- Verarbeitung der CAD Daten<br>- Bedienung der Maschine<br>- Verfahrensweisen der Produktion |
| 14. Literatur: | Unterlagen im ILIAS<br>Begleitbuch: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte- Rapid Prototyping<br>B.Bertsche Springer |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450101 Vorlesung und Übung Rapid Prototyping |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45011 Rapid Prototyping (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von:

# Modul: 45020 Raumfahrtinstrumente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 5.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Ralf Srama |
| 9. Dozenten: | • Rudolf Voit-Nitschmann<br>• Volker Liebig<br>• Ralf Srama |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen die Grundlagen der Weltraumsensorik und haben einen Überblick über optische Instrumente. Sie können verschiedene in-situ Techniken benennen und Spektrometer charakterisieren. Sie können das wissenschaftliche Potential von Instrumenten bewerten und sind in der Lage, die verschiedenen Messtechniken zu beschreiben.<br>Sie wissen die Grundlagen der physikalischen Methoden der Sensorik. Die Studierenden kennen die wesentlichen Anwendungssatelliten der Erdbeobachtung, ihren Einsatzbereich und ihre Sensorik. Die Studierenden wissen die Grundlagen der IR Beobachtung (SOFIA) und die Möglichkeiten und Grenzen der UAV Beobachtungstechnik. Sie kennen die Betriebsbedingungen von erdnahen Beobachtungstechniken bis zu interplanetaren Missionen. |
| 13. Inhalt: | |
| 14. Literatur: | Principles of Space Instrument Design, A. M. Cruise et al., Cambridge Univ. Press,<br>1998, Vortragsfolien zu Vorlesungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 450201 Vorlesung Satelliteninstrumente<br>• 450202 Übung Satelliteninstrumente<br>• 450203 Vorlesung Anwendungssatelliten<br>• 450204 UAV-Seminar |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Satelliteninstrumente, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h),<br>Satelliteninstrumente, Übungen: 30 h (Präsenzzeit: 7 h, Selbststudium: 23 h),<br>Anwendungssatelliten: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h),<br>UAV-Seminar:30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 77 h, Selbststudium: 103 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45021 Raumfahrtinstrumente (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45030 Raumfahrttechnik II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 9.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 8.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | • Hans-Peter Röser<br>• Georg Heinrich Herdrich<br>• Stefan Schlechtriem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben einen fortgeschrittenen Überblick über die wichtigsten ingenieurwissenschaftlichen Themen der Raumfahrttechnik vom Start, dem Einsatz im Weltraum bis zum Wiedereintritt von Raumflugkörpern. Für chemische Raumfahrtantriebe können Sie die Betriebszyklen von Raketentriebwerken unterscheiden sowie interpretieren und kennen den Einfluss wesentlicher Geometrie-, Treibstoff- und Prozessparameter auf ihre Leistung. Sie wissen, wie sich durch Änderungen der Treibstoffkombination die Triebwerkseigenschaften beeinflussen lassen, z.B. im Hinblick auf die Treibstoffförderung und -aufbereitung, die Zündung oder die Verbrennung. Sie kennen die wesentlichen Komponenten und Leistungskennzahlen eines Triebwerks und können die Komponenten für vorgegebene Betriebszyklen und Triebwerksleistungen auslegen.<br>Für Kleinsatelliten verfügen die Studierenden über das grundlegende Wissen für die Entwicklung, den Bau und die Verifikation. Sie kennen die Potentiale und Grenzen kleiner Satelliten. Weiterhin verfügen die Studenten über die Fähigkeit zur Auslegung der Nutzlast und des Satellitenbusses. Dies umfasst detaillierte Kenntnisse über die Satellitenstruktur, das Thermalsystem, das Lageregelungssystem sowie die Satellitenelektronik.<br>Für den Wiedereintritt haben die Studierenden einen vertieften Überblick über die wesentlichen Technologien, die beherrscht werden müssen. Sie kennen die relevanten Missionen und diskutierten Missionsszenarien |

| | |
|---|---|
| | sowie die technologischen Herausforderungen, insbesondere für Hitzeschutzsysteme, die relevanten Materialien und deren Eigenschaften. Sie wissen, wie derartige Eigenschaften in Bodentestanlagen und durch den Einsatz von verschiedenen Messsystemen im realen Flug untersucht sowie qualifiziert werden. |
| 13. Inhalt: | • Chemische Raketenantriebe I: Triebwerksprozesse und -komponenten, Treibstoffarten und -förderung , Einspritzung und Aufbereitung, Zündung, Umsetzung und Instabilitäten, Wärmelasten und Kühlung, Wandmaterialien und Bauweisen, Düsenströmung, Betriebszyklen von Triebwerken<br>• Kleinsatellitenentwurf I:Grundlagen der Kleinsatellitenentwicklung, Strukturen, Thermalkontrollsystem, Lageregelungssystem, elektrische Architekturen und Leistungselektroniken für Kleinsatelliten, Einführung in das Projektmanagement, Systeme anhand von Satellitenbeispiele, Orbitanalysen, thermische und mechanische Analyse<br>• Wiedereintrittstechnologie: Trajektorien, De-orbit-Manöver, Missionen und Fahrzeugkonzepte, Konzepte für Thermalschutzsysteme, Wesentliche Eigenschaften der Wiedereintrittsplasmen, Bodentestanlagen , Ausgewählte Instrumentierungen für Wiedereintrittskörper |
| 14. Literatur: | Skripte zu Vorlesungen, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 450301 Vorlesung Chemische Raumfahrtantriebe I<br>• 450302 Übung Chemische Raumfahrtantriebe I<br>• 450303 Vorlesung Kleinsatellitenentwurf<br>• 450304 Übung Kleinsatellitenentwurf<br>• 450305 Vorlesung Wiedereintrittstechnologie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Chemische Raumfahrtantriebe I, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h,Selbststudium: 32 h)<br>Chemische Raumfahrtantriebe I, Übungen: 30 h (Präsenzzeit: 14 h,Selbststudium: 16 h)<br>Kleinsatellitenentwurf, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Wiedereintrittstechnologie, Vorlesung 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62h)<br>Gesamt: 270 h (Präsenzzeit: 112 h, Selbststudium: 158 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45031 Raumfahrttechnik II (PL), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0, Chemische Raumfahrtantriebe (33,3%): schriftlich 60 Min. Kleinsatellitenentwurf (33,3%): schriftlich 60 Min. oder mündlich 20 Min. Wiedereintrittsmissionen (33,3%): schriftlich 60 Min. oder mündlich 20 Min. |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45040 Raumsonden

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500123 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Alfred Krabbe |
| 9. Dozenten: | Alfred Krabbe |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten lernen eine Reihe von typischen astronomischen Satellitenmissionen kennen. Sie verstehen deren wissenschaftliche Zielsetzung, sowohl im planetaren Rahmen, in der Galaxis und darüber hinaus im größeren Universum. Sie lernen die Auswirkung der konkreten wissenschaftlichen<br>Missionsziele auf die Auslegung der individuellen Missionen abzuschätzen. Sie lernen dabei den Systemaspekt wissenschaftlicher Missionen kennen, bei denen viele Systemgruppen erfolgreich zusammenwirken. Die Studenten lernen aktuelle astronomische Messverfahren und Beobachtungstechniken am Boden und auf Satelliten kennen sowie deren technische und technologische Umsetzung. Sie lernen mit solchen Missionen erzielte Ergebnisse und deren Bedeutung für die astronomische und planetare Forschung exemplarisch kennen. |
| 13. Inhalt: | • Überblick über das Sonnensystem<br>• Überblick über astronomische Forschungsthemen<br>• Überblick über wissenschaftliche Missionsziele interplanetarer Missionen<br>• Überblick über die Gründe für astronomische Satellitenmissionen<br>• Vorstellung konkreter Sonden für interplanetare Missionen<br>• Vorstellung verschiedener Astronomiesatelliten<br>• Diskussion der Randbedingungen und des Layouts verschiedener Missionen<br>• Missionskritische Technologien<br>• Vorstellung beispielhafter wissenschaftliche Ergebnisse |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skripte zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 450401 Vorlesung Planetenmissionen<br>• 450402 Vorlesung Astronomiemissionen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Planetenmissionen: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Astronomiemissionen: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 56 h, Selbststudium: 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45041 Raumsonden (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Raumfahrtsysteme |

# Modul: 57180 Regelung und Systementwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | • Walter Fichter<br>• Reinhard Reichel<br>• Werner Grimm<br>• Philipp Luithardt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Mehrgrößenregelung:**<br>Die Studierenden sind in der Lage, lineare Mehrgrößensysteme auf ihre Eigenschaften hin zu untersuchen (Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilität usw.) und spezielle Lösungen zu charakterisieren.<br>Die Studierenden sind in der Lage, lineare Regler in Form von Zustandsvektorrückführungen nach verschiedenen Verfahren zu entwerfen und nicht messbare Zustandsgrößen mit verschiedenen Varianten linearer Beobachter zu schätzen.<br>**Systementwurf I:**<br>Die Studierenden auf Ihre Eigenschaften kennen die elementaren Grundlagen zur Auslegung fehlertoleranter Luftfahrtsysteme. Dazu gehören a) Systembereiche wie fehlertolerante Avionik, Sensorik, Aktuatorik, b) Funktionen bzgl. Anwendung und Management. Die Orientierung an einem Fly-by-Wire System soll den Anwendungsbezug verdeutlichen. |
| 13. Inhalt: | **Mehrgrößenregelung:**<br>• Eigenschaften linearer Mehrgrößensysteme (Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilität usw.)<br>• Allgemeine und spezielle Lösung linearer Mehrgrößensysteme (z.B. für Sprungeingänge, Impulseingänge, sinusförmige Eingänge usw.)<br>• Regelkreisstrukturen für verschiedene Regelziele (Stabilisierung bzw. Folgeregelung) |

- Entwurf von Zustandsvektorrückführungen mit verschiedenen Verfahren (Polvorgabe, modale Regelung, optimale Regelung)
- Struktur und Entwurf linearer Beobachter (vollständig und reduziert)

**Systementwurf I**

- Herleiten grundlegender funktioneller und nichtfunktioneller Entwurfsanforderungen an ein Fly-by-Wire System
- Ermitteln der Systemstruktur, Allokieren von Funktionen, Definieren der Systemgranularität, erstes „Safety Assessment"
- Grundlegende Ansätze zur Auslegung eines System-Managements zur fehlertoleranten Steuerung des Gesamtsystems, unterteilt in Rechner-,Sensor- und Aktuator-System-Management

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 571801 Vorlesung Mehrgrößenregelung<br>• 571802 Vorlesung Systementwurf<br>• 571803 Übung Systementwurf 1 |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Mehrgrößenregelung, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Systementwurf, Vorlesung und Übungen: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br><br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 63 h, Selbststudium 117 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57181 Regelung und Systementwurf (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45050 Regelung von Gasturbinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400115 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Wolfgang Berns |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen die notwendigen Grundlagen für die Regelung von Gasturbinen<br>• Die Studierenden verstehen die Anforderungen an die Regelung von Gasturbinen.<br>• Die Studierenden verstehen den Unterschied in den Anforderungen bei stationären und fliegenden Geräten.<br>• Die Studierenden kennen und verstehen das Regelungssystem stationärer Gasturbinen.<br>• Die Studierenden kennen und verstehen das Regelungssystem fliegender Gasturbinen.<br>• Die Studierenden verstehen die Prozessleittechnik stationärer Gasturbinen.<br>• Die Studierenden verstehen die Regelungstechnik fliegender Gasturbinen. |
| 13. Inhalt: | • Kurze Wiederholung Grundlagen Regelungstechnik<br>• Anforderungen an die Regelung von Behörden und Betreibern<br>• Aufgaben der Regelung |

| | |
|---|---|
| | • Wichtigste Regelkreise<br>• Verwendete Messtechnik<br>• Prozessleittechnikr |
| 14. Literatur: | Kulikov G., Thompson H.: Dynamic Modelling of Gas Turbines Springer |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450501 Vorlesung Regelung von Gasturbinen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45051 Regelung von Gasturbinen (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45060 Reibungsbehaftete Hyperschallströmung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110126 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die durch Reibung verursachten Phänomene und Probleme beim Reichweiten- und Kurzzeit- Hochgeschwindigkeitsflug zu verstehen und Auslegungen vornehmen zu können. |
| 13. Inhalt: | Grenzschichtgleichungen, 2. Viskosität; laminare Platten-, Kegel-, Staupunktgrenzschicht<br>(Reibungsbeiwert, Stantonzahl, Reynoldsanalogie); turbulente Platten-, Kegelgrenzschicht; Referenztemperaturmethode; Laminar-turbulente<br>Transition (Szenarien, Theorien, Vorhersage); Viskose Interaktion; Hochtemperatureffekte<br>(Vibration, Dissoziation, Nicht-/Gleichgewicht, Wärmestrom) |
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>Anderson: Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics, AIAA Education<br>Hirschel: Basics of Aerothermodynamics. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450601 Vorlesung Reibungsbehaftete Hyperschallströmung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Reibungsbehaftete Hyperschallströmung , Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45061 Reibungsbehaftete Hyperschallströmung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 45070 Reibungsfreie Hyperschallströmung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110125 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die reibungsfreien Phänomene und Probleme beim Reichweiten- und Kurzzeit-Hochgeschwindigkeitsflug zu verstehen und Auslegungen vornehmen zu können. |
| 13. Inhalt: | Übersicht: Flugkörperformen, aerodynamische und thermische Belastung; Stoß-/Expansionsbeziehungen im Hyperschalllimit, Wellenreiterprinzip; Druckbeiwertbedeutung und- bestimmung (Newton-Methode), Ähnlichkeit (Tsien-Parameter); konische Strömung (Taylor-Maccoll-Gl.); elliptischer Kegel /Querströmungseffekte; Strömungsfeldberechnung: Prinzip Raum-/Zeitschrittverfahren; Hochtemperatureffekte |
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>Anderson: Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics, AIAA Education Hirschel: Basics of Aerothermodynamics. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450701 Vorlesung Reibungsfreie Hyperschallströmung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45071 Reibungsfreie Hyperschallströmung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45090 Robuste Regelung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200115 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 2. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 2. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 2. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 2. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Regelung, Navigation und Systementwurf, Modul 060200100 |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage, anhand des Frequenzgangs die Eigenschaften eines Regelkreises zu beurteilen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Unsicherheiten des Streckenmodells systematisch zu beschreiben.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, Regelkreise auf robuste Stabilität und robuste Regelqualität hin zu prüfen und robuste Regler zu entwerfen. |
| 13. Inhalt: | • Störeinflüsse und Übertragungsfunktionen im Regelkreis, Beurteilung eines Regelkreises anhand des Frequenzgangs<br>• Analyse linearer Mehrgrößensysteme mithilfe von Singulärwertdiagrammen<br>• Beschreibung strukturierter und unstrukturierter Modellunsicherheiten, Kriterien für robuste Stabilität und robuste Regelqualität<br>• H-Unendlich-Regelung<br>• mue-Analyse |
| 14. Literatur: | • W. Grimm: Regelungstechnik 3, Skript<br>• K. Müller: Entwurf robuster Regelungen, Teubner<br>• J. Raisch: Mehrgrößenregelung im Frequenzbereich, Oldenbourg<br>• Skogestad, S. und I. Postlethwaite: Multivariable Feedback Control, Analysis and Design, Wiley<br>• Vortragsfolien und Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 450901 Vorlesung Robuste Regelung<br>• 450902 Übung Robuste Regelung |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Robuste Regelung, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Robuste Regelung, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45091 Robuste Regelung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 45100 Satellitenbetrieb

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500117 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | • Jens Eickhoff<br>• Christoph Nöldeke<br>• Hans-Peter Röser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Satellite Communication (in englischer Sprache):<br>• Die Studenten besitzen einen Überblick über die gängisten Satellitenkommuniktionssysteme<br>• Sie verfügen über die Fähigkeit der Auslegung eines Kommunikationssystems für Satelliten<br>• Sie kennen das Basiswissen der Kodierung und Dekodierung von Signalen<br>• Die Studenten kennen die Techniken der Antennenauslegung<br>• Sie erhalten das Basiswissen über die Satellitenkontrolle und die Beschaffenheit des Bodensegments<br><br>Onboard Computers, Onboard Software & Satellite Operations:<br>• Die Studierenden werden eingeführt in die Hardwaretechnologie von Onboardcomputern, insbesondere für Satelliten und Sonden.<br>• Sie erlernen Softwaredesign und Entwicklungsmethodik moderner Onboardsoftware<br>• Sie erhalten einen grundlegenden Einblick in die dynamische SW Interaktion mit der Satelliten Hardware.<br>• Das Basiswissen und grundlegende Betriebskonzepte für das Operations von Satelliten und Sonden vom Boden werden vermittelt. |

| | |
|---|---|
| | • Die Studierenden erhalten eine Einführung in international gebräuchliche Satellitenkommunikations- und Servicestandards wie CCSDS und PUS.<br>Praktikum zum Raumflugbetrieb:<br>• Die Studeten verfügen über das Basiswissen des bodenseitigen Betriebs von Satelliten. |
| 13. Inhalt: | Satellite Communication (in englischer Sprache):<br>• Einteilung der Satellitenkommunikationssysteme und Organisation der Kommunikationsgeschäftes<br>• Konvektivität und Abdeckung von Kommunikationssystemen<br>• Grundlagen der Wellenform, Zugriffspläne, Linkbudgets, digitaler Satellitenkommunikationsverbindungen und Antennen<br>• Kommunikationsnutzlast und EMV-Problematik<br>• Technologie des Bodensegments und der Satellitenkontrolle<br>• Überblick über Software Defined Radio und Amateurfunk<br><br>Onboard Computers, Onboard Software & Satellite Operations:<br>• Technologie von Onboardcomputern, insbesondere für Satelliten und Sonden.<br>• Technologie und Entwicklungsmethodik moderner Onboardsoftware und<br>Design der SW Interaktion mit der Satelliten Hardware.<br>• Operations von Satelliten und Sonden vom Boden.<br>• Zugehörige Techniken der Satellitenbedienung im Nominal- und Fehlerfall.<br>• Datenprotokolle und Servicearchitektur zu Satellitenkommandierung und<br>Telemetrieübertragung. |
| 14. Literatur: | Lehrbücher:<br><br>"Jens Eickhoff: Onbord Computers, Onboard Software and Satellite Operations,<br>Springer, 2011, ISBN 978-3-642-25170-2<br><br>"Christoph M. Nöldeke: 'Satellite Communications' MV-Wissenschaft, Münster, ISBN 978-3-86991-401-5" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 451001 Vorlesung Satellitenkommunikation<br>• 451002 Vorlesung Onboard Computers, Onboard Software & Satellite Operations<br>• 451003 Praktikum zum Raumflugbetrieb |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Satellitenkommunikation, Vorlesung: 75 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 47 h)<br>Onboard Computers, Onboard Software & Satellite Operations, Vorlesung: 75 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 47 h)<br>Praktikum zum Raumflugbetrieb: 30 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 16 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45101 Satellitenbetrieb (PL), schriftlich oder mündlich, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45110 Satelliteninstrumente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Ralf Srama |
| 9. Dozenten: | Ralf Srama |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen die Grundlagen der Weltraumsensorik und haben einen Überblick über optische Instrumente. Sie können verschiedene in-situ Techniken benennen und Spektrometer charakterisieren. Sie können das wissenschaftliche Potential von Instrumenten bewerten. |
| 13. Inhalt: | • Überblick über verschiedene Satelliteninstrumente (remote sensing und insitu) und Weltraumsensoren<br>• Beobachtungsplattformen und Missionen, Nutzlast ausgewählter wissenschaftlicher Satelliten/Missionen<br>• Spektrometer und Interferometer, Infrarotsysteme, Laser, Digitalkameras, Supraleiter, Staubsensoren, SOFIA Instrumente, Magnetometer |
| 14. Literatur: | Principles of Space Instrument Design, A. M. Cruise et al., Cambridge Univ. Press, 1998, Vortragsfolien zu Vorlesungen |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451101 Vorlesung Satelliteninstrumente |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Satelliteninstrumente, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h),<br>Satelliteninstrumente, Übungen: 30 h (Präsenzzeit: 7 h, Selbststudium: 23 h),<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 35 h, Selbststudium: 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45111 Satelliteninstrumente (BSL), schriftliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45120 Satellitennavigation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062100001 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Alfred Kleusberg |
| 9. Dozenten: | Alfred Kleusberg |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die grundlegenden Methoden der Satellitennavigation. Sie können Fehlerquellen bei der Satellitennavigation benennen, deren Größenordnung abschätzen und wissen, mit welchen Methoden sie verringert oder eliminiert werden können. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Funktionsprinzip des Satellitennavigationssystems GPS umfasst: zugehörige Bezugssysteme (WGS84, ITRFxx), Zeitsysteme, Satellitenbahnen - Erweiterung der ungestörten Keplerbewegung auf gestörte Keplerbewegung (osculierende Keplerelemente, Störeinflüsse (Art und Größe)), Berechnung der Satellitenposition, Darstellung und Übertragung der Orbitparameter (Broadcast-Ephemeriden, Almanach), Präzise Ephemeriden, Konstellation, Signalaufbau: Träger, Codes, Message, zur Wahl der Wellenlänge des Trägers, Modulation, Generierung und Eigenschaften von PRN-Codes, Korrelationsverhalten der Codes, Ausbreitung der GPS-Signale (Maxwells Gleichungen, Refraktivität,<br>dispersive Medien, Gruppengeschwindigkeit,...), Beschreibung der ionosphär. und troposphär. Refraktion (Appleton-Harttree-Formel, Smith- & Weintraub-Formel), Korrekturmodelle für Refraktion (TECValues, Klobuchar Modell, Hopfield-Modell), Modellierung weiterer Fehlereinflüsse auf die Messung (Uhrenfehler, Bahnfehler), Aufgaben des Empfängers, Signalidentifizierung,<br>Prinzip der Laufzeitmessung, Unterscheidung von Signalen, Empfängerdesign, Modellbildung für Pseudostrecken, Positionierung mit Auswertung der Codeinformation, NMEA: Standard-Format für die Navigation, Differentielle Techniken (SAPOS, GBAS, SBAS), Analyse von Korrekturdaten (Arten, Übertragung, Formate: RTCM, RTCA) |
| 14. Literatur: | Online-Skript, IS-GPS-200D |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451201 Vorlesung Satellitennavigation |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenszeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45121 Satellitennavigation (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PPT-Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Navigation |

# Modul: 45130 Satellitenregelung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | Walter Fichter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | - |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die wichtigsten Regelungssysteme für Satelliten.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, das Regelungssystem in den systemtechnischen Rahmen einzuordnen, der durch den Satellitenentwurf und die Missionsaufgabe gegeben ist.<br>• Die Studierenden kennen grundlegende Verfahren und Algorithmen zur Bewegungsbestimmung (Navigation) und zur Lage-, Drall- und Bahnregelung von Satelliten, und zwar in Abhängigkeit des Betriebszustandes des Satelliten. |
| 13. Inhalt: | • Systemtechnische Grundlagen: Missionsbeispiele, Entwurfsprozess, Störungen, Systemtypen, Hardware-Komponenten, Regeln für den Systementwurf |

| | |
|---|---|
| | • Satellitenmodell: Bahn- und Lagebewegung eines Starrkörper-Satelliten, Gyrostat, Drall, Drallradmodelle, Gravitationseffekte<br>• Verfahren zur Lagebestimmung und Drehratenbestimmung<br>• Spinstabilisierung: Modelle und Regelung<br>• 3-achsige Lagestabilisierung: Vorgehen mit internen und externen Stellgrößen, nichtlineare Lageregelungsverfahren, lineare Lageregelungsverfahren, Regelung des Gesamtdralls und des Raddralls<br>• Bahnbestimmung mit GPS: Messprinzip und Rohdatenerzeugung, Bestimmung der Position und Zeit, Bestimmung der Geschwindigkeit und Uhrendrift |
| 14. Literatur: | W. Fichter, Spacecraft Dynamics, Navigation, and Control, Lecture Notes, Institut für Flugmechanik und Flugregelung, 2008<br>J. Wertz, Spacecraft Attitude Determination and Control ,Kluwer<br>B. Wie, Space Vehicle Dynamics and Control, AIAA Series<br>M. Kaplan, Modern Spacecraft Dynamics and Control, Wiley<br>M. Sidi, Spacecraft Dynamics and Control, Cambridge |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451301 Vorlesung Satellitenregelung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Satellitenregelung, Vorlesung: 90 h<br>(Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45131 Satellitenregelung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer,<br>elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 56290 Schaufelkühlungsauslegung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700306 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | • Bernhard Weigand<br>• Sven Olaf Neumann<br>• Stefan Dahlke |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strömungslehre, Wärmeübertragung |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Möglichkeiten mit einer 1D Berechnung des Kühlmassenstroms einer Schaufel<br>• Die Studierenden kennen verschiedene Methoden zur Intensivierung des internen Wärmeübergangs<br>• Die Studierenden kennen den Einfluss der Filmkühlung<br>• Die Studierenden kennen den Einfluss einer keramischen Schutzschicht auf den Kühlmassenstrom<br>• Die Studierenden kennen den Designprozess zum Auslegen einer gekühlten Gasturbinenschaufel |
| 13. Inhalt: | Das Seminar besteht aus Vorträgen, die den Studierenden einen Überblick über die Schaufelkühlung verschaffen:<br>• Überblick über die 1D Auslegung des Kühlsystems einer Gasturbinenschaufel<br>• Designsysteme für Gasturbinenschaufeln in der Industrie<br>• Möglichkeiten der Intensivierung des internen Wärmeübergangs<br>• Filmkühlung<br>• Auslegungsgrenzen /Optimierung der Auslegung<br>• Anschließend legen die Studierenden (unter Betreuung) selbst ein Kühlungsdesign einer Gasturbinenschaufel aus. Die erhaltenen Ergebnisse und das erarbeitete Wissen werden durch einen Abschlussvortrag der gesamten Gruppe vorgetragen |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | B. Weigand: Turbinenschaufel - Kühlung. In: Lechner C, Seume J (eds): Stationäre Gasturbinen, Kap. 17, Springer, Berlin, 2. Auflage (2010), S. 609-636. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 562901 Seminar Schaufelkühlungsauslegung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 22h, Selbststudium 68h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 56291 Schaufelkühlungsauslegung (BSL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, Vortrag (ca. 20min) am Ende des Seminars |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45140 Schätzverfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200117 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | Walter Fichter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden haben einen Überblick, welche praxisrelevanten Problemstellungen auf Schätzaufgaben führen.<br>• Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.<br>• Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe der stochastischen Prozesse. Die Studierenden kennen die Eigenschaften von Systemen mit Eingängen in Form stochastischer Prozesse.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten linearen Parameterschätzverfahren und deren statistische Eigenschaften.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, Schätzaufgaben mithilfe von Matlab zu lösen.<br>• Die Studierenden kennen die fachlichen Querverbindungen zu linearen Filterverfahren und numerischer Parameteroptimierung. |
| 13. Inhalt: | • praktische Anwendungsbeispiele für Schätzaufgaben<br>• Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik<br>• Grundbegriffe der stochastischen Prozesse und ihr Zusammenspiel mit linearen Systemen<br>• lineare Parameterschätzverfahren (Verfahren der kleinsten Quadrate und der minimalen Varianz, Maximum Likelihood Methode)<br>• Umsetzung von Schätzverfahren mit Matlab |
| 14. Literatur: | • Fichter, W., King, F.: Schätzverfahren. Skript zum gleichnamigen Seminar, Institut für Flugmechanik und Flugregelung, Universität Stuttgart, 2010. |

| | |
|---|---|
| | • Mendel, J.M.: Lessons in Estimation Theory for Signal Processing, Communications and Control. Prentice Hall, 1995.<br>• Crassidis, J.L., Junkins, J.L.: Optimal Estimation and Dynamic Systems. Chapman & Hall / CRC, 2004.<br>• Unbehauen, H.: Regelungstechnik 3, Vieweg, 2000. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451401 Seminar Schätzverfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45141 Schätzverfahren (BSL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, schriftliche Ausarbeitung mit Präsentation über ein spezielles Thema aus den Schätzverfahren |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 45150 Schätzverfahren und Flugmesstechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200119 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | • Walter Fichter<br>• Arne Altmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Schätzverfahren**<br>• Die Studierenden haben einen Überblick, welche praxisrelevanten Problemstellungen auf Schätzaufgaben führen.<br>• Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.<br>• Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe der stochastischen Prozesse. Die Studierenden kennen die Eigenschaften von Systemen mit Eingängen in Form stochastischer Prozesse.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten linearen Parameterschätzverfahren und deren statistische Eigenschaften.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, Schätzaufgaben mithilfe von Matlab zu lösen.<br>• Die Studierenden kennen die fachlichen Querverbindungen zu linearen Filterverfahren und numerischer Parameteroptimierung.<br><br>**Flugmesstechnik**<br>Die Studierenden sind in der Lage, einen Flugversuch für ein Flugzeug der Allgemeinen Luftfahrt (General Aviation) zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Außerdem sollen sie ihre Ergebnisse in einem schriftlichen Bericht und in einem Vortrag übersichtlich und aussagekräftig darstellen können. |
| 13. Inhalt: | **Schätzverfahren**<br>• praktische Anwendungsbeispiele für Schätzaufgaben<br>• Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik |

| | |
|---|---|
| | • Grundbegriffe der stochastischen Prozesse und ihr Zusammenspiel mit linearen Systemen<br>• lineare Parameterschätzverfahren (Verfahren der kleinsten Quadrate und der minimalen Varianz, Maximum Likelihood Methode)<br>• Umsetzung von Schätzverfahren mit Matlab<br><br>**Flugmesstechnik**<br>• Grundlagen: Hintergründe zu den Messflügen, Erfassung von Messgrößen, Instrumentierung eines Flugzeuges, Flugleistungen.<br>• Einführung in das Experimentalflugzeug: Systeme, Flugleistung, Instrumentierung mit zentraler Datenerfassungsplattform.<br>• Vorbereiten und Durchführen eines Messfluges: Erstellen eines individuellen Messprogramms, Ausarbeitung der zugehörigen FlightCards, Durchführung der Flugmesskampagne mit Piloten, Messdatenauswertung und Erstellen eines Ergebnisberichtes. |
| 14. Literatur: | • Fichter, W., King, F.: Schätzverfahren. Skript zum gleichnamigen Seminar, Institut für Flugmechanik und Flugregelung, Universität Stuttgart, 2010.<br>• Mendel, J.M.: Lessons in Estimation Theory for Signal Processing, Communications and Control. Prentice Hall, 1995.<br>• Crassidis, J.L., Junkins, J.L.: Optimal Estimation and Dynamic Systems. Chapman & Hall / CRC, 2004.<br>• Unbehauen, H.: Regelungstechnik 3, Vieweg, 2000.<br>• Skript zur Vorlesung<br>• European Aviation Safety Agency: „Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes CS-23"<br>• Edward A. Haering, Jr.: "Airdata Measurement and Calibration" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 451501 Seminar Schätzverfahren<br>• 451502 Seminar Flugmesstechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Schätzverfahren: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Flugmesstechnik: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 (Präsenzzeit: 56 h, Selbststudium: 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45151 Schätzverfahren und Flugmesstechnik (PL), schriftlich und mündlich, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Schätzverfahren: Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz,<br>Flugmesstechnik: PowerPoint-Präsentation, Tafel, Experimentalflugzeug |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 49670 Seminar Angewandte Finite Elemente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rafael Jarzabek |
| 9. Dozenten: | Rafael Jarzabek |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden sich mit der Anwendung der Finiten-Elemente-Methode (FEM) vertraut machen, um verschiedene Aufgabenstellungen aus der Mechanik mit Hilfe der FEM eigenständig lösen zu können. In dem Seminar werden dabei verschiedene Themen bearbeitet, welche sich an Anwendungsfällen aus dem Umfeld der Luft- und Raumfahrt und angrenzenden Gebieten orientieren. Zusätzlich erhalten die Studierenden einen Ausblick in angrenzende Themengebiete (z.B. XFEM, FEM in der Thermodynamik,.....). |
| 13. Inhalt: | Die Veranstaltung besteht pro Unterrichtseinheits aus einer kurzen Vorlesung mit anschließender Übung, in welcher der Vorlesungsinhalt an konkreten Anwendungsfällen präsentiert wird. Die gesamte Veranstaltung wird folgende Themengebiete umfassen:<br>• Einführung die Finite-Elemente-Methode (FEM)<br>• Modellbildung<br>• FEM-Netzgeneriung<br>• Bedienmöglichkeiten eines FEM-Softwarepakets |

| | |
|---|---|
| | • Postprocessing<br>• Nichtlinearitäten (geometrische/materielle)<br>• Implizite/Explizite Rechnung<br>• Crash-Simulation |
| 14. Literatur: | Vortragsfolien + Übungsaufgaben<br><br>Literatur:<br><br>B. Klein, FEM Grundlagen und Anwendungen der Finite-Elemente-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau, 7. Auflage, 2007<br><br>E. Schrem, Vorlesungsskript: FEM-Modellbildung in der Strukturmechanik Teil 1 & 2<br><br>G. Müller & C. Groth, FEM für Pratiker - Band 1: Grundlagen, 8. Auflage, 2007<br><br>G. Müller & C. Groth & U. Stelzmann, FEM für Pratiker - Band 2: Strukturdynamik, 5. Auflage, 2007<br><br>H.R. Schwarz, Methode der finiten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart<br><br>J. T. Oden, Finite Elements of Nonlinear Continua, McGraw-Hill, 1972<br><br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1986<br><br>M. Hahn, Vorlesungsskript: Finite-Elemente-Methode II & III, 2013<br><br>P. Wriggers, Nichtlineare Finite-Elemente-Methoden, 2001<br><br>T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, 2000 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496701 Seminar Angewandte Finite Elemente |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49671 Seminar Angewandte Finite Elemente (PL), schriftlich und mündlich, 30 Min., Gewichtung: 1.0, Die Prüfung besteht aus 3 Semesteraufgaben, welche vorlesungsbegleitend bearbeitet und beim Prüfer abgegeben werden müssen. Zeitnah nach dem Ende der Vorlesungszeit folgt eine mündliche Abschlussprüfung (30 min). Die Gewichtung ist 40 % Semesteraufgaben und 60% mündliche Prüfung. |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen |

# Modul: 45160 Seminar Entwurfssprachen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600106 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Hans Rudolph |
| 9. Dozenten: | Hans Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können eigene Ansätze und Implementierungen von Entwurfssprachen vornehmen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Variantenbildung innerhalb einer Produktfamilie kritisch abschätzen. Hierzu werden von den Studierenden für einzelne Produktfamilien selbst Entwurfssprachen mit zugehörigen Algorithmen und Datenstrukturen erstellt und<br>vergleichend untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Ansätze, Methoden und Vorgehensweisen bekannter klassischer Algorithmen und Datenstrukturen kennen und analysieren. Hierzu gehören folgende Themen:<br>- Wissensrepräsentation in Entwurfssprachen (Aufbau von Bibliotheken und Ontologien)<br>- Wissensverarbeitung in Entwurfssprachen (Auswahl des passenden Programmierparadigma (prozedural, deklarativ, regelbasiert, objektorientiert) für die jeweilige Entwurfsaufgabe<br>- Erstellung von Prozeßketten unter Einbeziehung von OpenSource Paketen:<br>- OpenCascade (CAD), Gmesh (Vernetzung), OpenFoam (CFD), CodeAster (FEM), ... oder kommerziellen Analyseprogrammen für CAD, MBS, CFD, usw.<br>Entwicklung von produktspezifischen Entwurfsalgorithmen und Verfahren<br>- Optimierung (Design of Experiments, , ...)<br>- Packaging-Algorithmen (Heuristiken, ...)<br>- Routing-Algorithmen (Heuristiken, ...)<br>- Vollständigkeit, Validierung und Verifikation von Entwurfssprachen |

| | |
|---|---|
| | - usw. |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Skiena, The Algorithm Design Manual<br>Ottmann, Widmayer: Algorithmen und Datenstrukturen<br>Sedgewick, Algorithms.<br>Schöning: Ideen aus der Informatik |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451601 Seminar Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45161 Seminar Entwurfssprachen (LBP), Sonstiges, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45170 Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400114 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Stephan Staudacher |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I:<br>• Die Studierenden verstehen die ökonomische Bedeutung von Sicherheit und Zuverlässigkeit.<br>• Die Studierenden verstehen die Rolle der Behörden.<br>• Die Studierenden verstehen Produkthaftung und deren Auswirkung auf die Tätigkeit der Ingenieure.<br>• Die Studierenden verstehen die grundlegende Problematik von Sicherheit und Zuverlässigkeit als ein stochastisches Problem.<br>• Die Studierenden können statistische Methoden auf die Auslegung von Gasturbinenanlagen übertragen.<br>Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II:<br>• Studierende verstehen Fehlerbäume.<br>• Die Studierenden verstehen eine FMEA.<br>• Die Studierenden sind in der Lage Wahrscheinlichkeiten zu schätzen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage das gelernte auf einfache Fälle bei Gasturbinenanlagen anzuwenden. |
| 13. Inhalt: | Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I:<br>• EASA und FAA Anforderungen<br>• Life Cycle Costing der Betreiber<br>• Produkthaftung, Fahrlässigkeit, Haftung<br>• Verantwortung als Führungskraft<br>• Wahrscheinlichkeitsverteilungen und deren Anwendung auf Gasturbinenanlagen<br>• Auswirkung von Produktion und Montage<br>• Rolle des Qualitätsmanagements |

| | |
|---|---|
| | • Einfache Beispiele aus der Praxis<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten.<br>Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II:<br>• Fehlerbäume<br>• FMEA<br>• Fußangeln bei der Anwendung der Methoden<br>• Möglichkeiten der Überprüfung der Ergebnisse<br>• Anwendung auf Bauteile, Baugruppen und Gesamtsysteme<br>• Experimenteller Nachweis<br>• Wartung, Wartungshandbücher<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |
| 14. Literatur: | Modarres M., Kaminskiy M., Krivtsov V.: Reliability Engineering and Risk Analysis<br>CRC Press |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 451701 Vorlesung Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I<br>• 451702 Übung Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I<br>• 451703 Vorlesung Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II<br>• 451704 Übung Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45171 Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45190 Softwaretechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Prinzipien der Model-Driven Architecture/ des Model- Driven Engineering kennen und einzuschätzen. Hierzu werden die Leistungsfähigkeit moderner objektorientierter Prinzipien und Sprachen (JAVA, UML, SysML) zur Definition und Implementierung von Software und Systemen vergleichend dargestellt und untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Software und Systeme anhand objektorientierter Prinzipien zu beschreiben, zu modellieren und zu implementieren. Diese Fähigkeit wird anhand der Darstellung verschiedener objektorientierter Sprachen für die Programmierung von Software (in UML und JAVA) und der Modellierungvon Systemen (in UML und SysML) vermittelt. Der Einsatz der objektorientierten<br>Methoden wird an verschiedenen Beispielen illustriert, vermittelt und geübt. Analyse der digitalen Darstellungen wichtiger Ingenieuraspekte (z.B. Geometrie als B-Rep oder CSG) und sich daraus ergebenden Konsequenzen für Interfaces in andere Ingenieuranwendungen (CAD # CAD, CAD # FEM, etc.). |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>JAVA ist nur eine Insel (online verfügbar)<br>Uhlenbohm, Chr.: JAVA ist mehr als eine Insel, Gallileo Press, 2012.<br>Gamma, E., Helm, R, Johnson, R. und Vlissides, J.: Entwurfsmuster. Addison Wesley, 2004.<br>Freeman, E. and Freeman, E.: Head First Design Patterns. O'Reilly, 2004. |

| | |
|---|---|
| | Weilkins, T.: Systems Engineering with SysML/UML. Dpunkt Verlag, 2006. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451901 Vorlesung Softwaretechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45191 Softwaretechnik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45200 Sonderkreisläufe und Gasturbinenprozesse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Klaus Kuhn |
| 9. Dozenten: | • Hartmut Griepentrog<br>• Klaus Kuhn |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können die Besonderheiten des Gasturbinenprozesses sowie von ausgewählten Sonderkreisläufen erklären.<br>• Die Studierenden verstehen verschiedene Wirkungsgraddefinitionen und deren Auswirkung auf die Kreislaufoptimierung.<br>• Die Studierenden verstehen den Einfluss wichtiger Prozessparameter inklusive Kühlung und Materialwahl.<br>• Die technische Umsetzung der Prozesse kann abgeschätzt werden.<br>• Sonderanwendungen, der Einsatz von Turbomaschinen in regenerativen Energien, die Kombination mit anderen Prozessen kann beurteilt werden.<br>• Die Studierenden verstehen die Herausforderungen bei der Anlagenoptimierung auch vor dem Hintergrund des Betriebsverhaltens.<br>• Der Einfluss des Arbeitsmediums ist bekannt.<br>• Die Studierenden verstehen die speziellen Fragestellungen bei der Miniaturisierung von Anlagen. |
| 13. Inhalt: | Gasturbinenprozesse:<br>• Begriffsdefinition, Carnotprozess, Jouleprozess, Ericsonprozess<br>• Wirkungsgraddefinitionen, Entropie, Exergie<br>• Kreislaufoptimierung<br>• Einfluss der Prozessparameter<br>• Kombination von Prozessen<br>• Einsatzgebiete<br>• Technische Realisierung |

| | |
|---|---|
| | Sonderkreisläufe:<br>• Sonderanwendungen von Turbomaschinen<br>• Turbomaschinen und regenerative Energien<br>• Anlagenoptimierung<br>• Betriebsverhalten<br>• Einfluss des Gases (ideal, real, verschiedene Gase)<br>• Beispiel: LNG Verdampfung<br>• Miniaturisierung von Strömungsmaschinen<br>• Skalierung der Miniaturmaschinen<br>• Beispiel: Turbolader |
| 14. Literatur: | Fister W.: Fluidenergiemaschinen, Band I, Band II Springer Verlag |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 452001 Vorlesung Gasturbinenprozesse<br>• 452002 Vorlesung Sonderkreisläufe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Gasturbinenprozesse, Vorlesung: 46 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 32 h)<br>Sonderkreisläufe, Vorlesung: 44 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 30 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45201 Sonderkreisläufe und Gasturbinenprozesse (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44360 Spezielle Methoden der Systemtechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900123 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | • Reinhard Reichel<br>• Philipp Luithardt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben detaillierte Kenntnisse in den Bereichen<br>• Grundlegende Methoden zur angewandten Sicherheitsanalyse von Luftfahrtsystemen,<br>• spezielle Methoden der Modellierung und Analyse von Luftfahrt- und Avioniksystemen. |
| 13. Inhalt: | Methoden der Sicherheitsanalyse<br>• Spezielle Themen der Wahrscheinlichkeitsrechnung<br>• Markov Analyse<br>• Dependability Analyse<br>• Fehlerbaumanalyse<br>• Systembezogener FMEA-Prozess (Fehler-Mode & -Effekt Analyse)<br>• Anwendungsbeispiele<br>Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse: Systemmodellierung und -analyse mittels<br>• Aussagenlogik<br>• SysML, UML<br>• regelbasierter Ansätze |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Sicherheitsanalyse von Luftfahrtsystemen. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |

| | |
|---|---|
| | • Clifton, Ericson. Hazard Analysis Techniques for System Safety. John Wiley Sons, Inc. 2005<br>• Meyna, Pali. Taschenbuch der Zuverlässigkeits-und Sicherheitstechnik. Hanser, 2003.<br>• Skript zur Vorlesung<br>• Übungen zur Vorlesung |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 443601 Seminar Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse<br>• 443602 Vorlesung Methoden der Sicherheitsanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44361 Spezielle Methoden der Systemtechnik (PL), mündliche Prüfung, Gewichtung: 1.0, (Methoden der Systemmodellierung, 20 min., Gewichtung: 0.5; Methoden der Sicherheitsanalyse, 20 min., Gewichtung 0.5) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49580 Statik III

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Karsten Keller |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Einführung in die Plattentheorie<br><br>Die Studierenden können mit Platten als wichtiges Bauelement für den Ingenieur umgehen. Sie kennen die Unterschiede zwischen der dünnen Platte, die nur Biegeverformungen aufweist und der dicken Platte, in der noch zusätzlich Schubverformungen berücksichtigen werden. Die Studierenden können mit der klassischen Theorie beider Plattenmodelle umgehen und das Tragverhalten der Platte sowie die plattenspezifischen Größen wie Ersatzschubkraft und Eckenkraft bestimmen. |
| 13. Inhalt: | • Vorstellung der Theorie der dünnen Platte nach Kirchhoff<br>Differentialgleichung für die Rechteckplatte und Kreisplatte<br>• Analytische Lösung der Differentialgleichung nach Navier und Levy-Nadai<br>• Näherungslösung nach Ritz<br>• Theorie der schubweichen dicken Platte nach Reissner<br>Aufstellen der Differentialgleichung und analytische Behandlung eines Spezialfalls<br>• Einführung in die klassische Laminattheorie (CLT)<br>Durchführen der Dickenintegration und Aufstellen der Steifigkeitsbeziehung<br>mit der Kopplung von Scheibe und Platte |

| | |
|---|---|
| | • Ausbeulen der dünnen Platte<br>• Vorlesungsbegleitende Übungsbeispiele |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br><br>Ergänzende Vortragsfolien<br><br>A. Nadai: Elastische Platten, 1.Aufl., Springer Verlag, Berlin (1925)<br><br>K. Girkmann: Flächentragwerke, 5.Aufl., Springer Verlag, Wien (1959)<br><br>S. P. Timoshenko, S. Woinowski-Krieger: Theory of Plates and Shells, 2.Aufl., MacGraw-Hill Book Co., New York (1959) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 495801 Vorlesung Statik III |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49581 Statik III (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49030 Staustrahl- und Kombinationsantriebe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400301 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Leitner |
| 9. Dozenten: | • Manfred Zippel<br>• Markus Leitner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der verschiedenen luftatmenden Antriebssysteme.<br>• Die Studierenden können die Besonderheiten eines Staustrahlantriebs erklären.<br>• Die Studierenden verstehen die Bedeutung der relevanten Ähnlichkeitsparameter und Gasdynamischen Funktionen.<br>• Die Studierenden können eine erste grundlegende Auslegung für einen Staustrahlantrieb mit Unterschallverbrennung durchführen.<br>• Die Studierenden können eine vergleichende Bewertung von verschiedenen Konzepten für den Überschallflug durchführen.<br>• Die Studierenden kennen die grundlegenden Unterschiede zwischen einem Ramjet und einem Scramjet |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen und Anwendungen der Staustrahlantriebe<br>• Komponenten der Staustrahlantriebe:Einlauf, Brennkammer, Schubdüse<br>• Herleitung und Anwendung eines einfachen Auslegungsverfahrens für einen Staustrahlantrieb mit Unterschallverbrennung<br>• Vergleich verschiedener Bauarten und Auslegungsformen<br>• Kombinationsantriebe für Raumtransportsysteme |
| 14. Literatur: | Vorlesungsskript „Staustrahl- u. Kombinationsantriebe"<br>Müller R.: Luftstrahltriebwerke, Grundlagen, Charakteristiken, Arbeitsverhalten<br>Vieweg Verlag |

| | |
|---|---|
| | Seddon J. and Goldsmith E.L.: Intake Aerodynamics<br>AIAA Education Series<br>Urlaub A.: Flugtriebwerke, Grundlagen, Systeme, Komponenten<br>Springer Verlag<br>Braig, Zippel: Einsatz von Zweistrom-Staustrahl-Kombinationstriebwerken zum Antrieb von Hyperschall-Flugzeugen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 490301 Vorlesung Staustrahl- und Kombinationsantriebe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Staustrahl- und Kombinationsantriebe, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49031 Staustrahl- und Kombinationsantriebe (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48710 Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600107 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Ioannis Doltsinis |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Tragwerksanalyse, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit der Quantifizierung von streuenden Daten vertraut und wissen über ihre Bedeutung für das Verhalten von Tragwerken sowie für das Ergebnis von technologischen Prozessen.<br>Sie beherrschen analytische und synthetische Methoden zur Berechnung des stochastischen Tragwerksverhaltens bei gegebenen Eingangsdaten für<br>• Elastische Tragwerke<br>• Große Verschiebungen<br>• Elastisch-plastische Tragwerke<br>• Nichtlineare Dynamik<br>• Inelastische Formänderungsprozesse<br><br>Sie wissen über die Optimierung von Tragwerken sowie Prozessen bei stochastischem Verhalten, sind mit der Robustheit gegenüber streuenden Konditionen vertraut und können entsprechende Auslegungsverfahren einsetzen. Sie sind in der Lage, die Bedeutung der Eingangsdaten sowie die Eignung des Systems für robuste Auslegung zu beurteilen.<br>Sie beherrschen die Begriffe der Zuverlässigkeit und Lebensdauer, kennen Verfahren zur Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Bauteilen (analytische Verfahren erster- und zweiter Ordnung sowie Synthese stochastischer Simulation). Sie können auf eine vorgegebene Ausfallwahrscheinlichkeit hin optimieren und die Zuverlässigkeit von Tragsystemen abschätzen im Serien- Parallel- oder Standby- Modus.<br>Sie sind mit den Begriffen der stochastischen Feldgrößen bzw. stochastischen Prozessen vertraut und wissen diese zu charakterisieren. Sie lernen durchweg, der Streuung mittels analytischer Approximation sowie alternativ durch stochastische Monte Carlo Simulation Rechnung zu tragen. |
| 13. Inhalt: | • Streuung und Charakterisierung |

| | |
|---|---|
| | • Stochastische Tragwerksanalyse mittels Taylorreihe - elastisch, nichtlinear, plastisch, nichtlineare Dynamik<br>• Optimale Auslegung - Robustheit<br>• Monte Carlo Verfahren - Tragwerksanalyse und Entwurfsertüchtigung<br>• Zuverlässigkeit - Systeme und Bauteile, analytische Approximation, stochastische Simulation, Optimierung und Zuverlässigkeit<br>• Zeitabhängige Phänomene - stochastische Prozesse und -Felder, Lebensdauer<br>• Inelastische Formänderungsprozesse - Signifikanz der Eingangsstreuung, numerische Analyse, optimale Auslegung |
| 14. Literatur: | Ioannis Doltsinis, Stochastic Methods in Engineering, WIT Press Southampton 2012.<br>Ergänzende und zusammenfassende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 487101 Vorlesung und Übung Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 26 h, Selbststudium 64 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48711 Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafelanschrieb, PowerPoint-Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 57160 Strukturdynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |

M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014
→ Wahlpflichtmodule

11. Empfohlene Voraussetzungen:

12. Lernziele:

Die Studierenden

- kennen die wichtigsten Kriterien und Grenzen für die Modellbildung in der Strukturdynamik,
- können Freiheitsgrade und kinematische Bindungen identifizieren und in unterschiedlichen Koordinatensystemen beschreiben,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Mehrkörper-Systeme aufstellen, linearisieren und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen eindimensionaler Kontinua aufstellen und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen und lösen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit einem Freiheitsgrad berechnen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit mehreren Freiheitsgraden berechnen,
- kennen das Verfahren der Modalanalyse mit und ohne Dämpfung,
- besitzen Grundkenntnisse für den Umgang mit einfachen dynamischen Finite-Elemente-Modellen.

13. Inhalt:

**Veranstaltung Dynamik I:**
- Modellierung, Freiheitsgrade und Kinematik bei Mehrkörpersystemen,
- Prinzip von d' Alembert, Prinzip der virtuellen Verschiebungen in der Dynamik,
- Aufstellung von Bewegungsgleichungen bei Mehrkörpersystemen,
- Linearisierung von Bewegungsgleichungen,
- Einheitsverschiebungsgesetz in der Dynamik,
- Lineare Systeme mit einem Freiheitsgrad,
- Freie und erzwungene gedämpfte Schwingungen (harmon., period-, stoßartige Erregung).

**Veranstaltung Dynamik II:**
- Eigenwertanalyse bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- freie und erzwungene Schwingungen bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- starre Bewegungsmöglichkeiten,
- Modalanalyse,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua und deren analytische Lösung,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua mit Finite-Elemente-Modellen,
- Dehnstab, Biegestab, Torsionsstab.

14. Literatur:


- Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2002
- Hamel, G.: Theoretische Mechanik. Berlin [u.a.] : Springer, 1978
- Hagedorn, P. ; Otterbein, S.: Technische Schwingungslehre. Band 1. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1987
- Hagedorn, P.: Technische Schwingungslehre. Band 2, Berlin ; Heidelberg : Springer, 1989
- Schiehlen, W. ; Eberhard, P.: Technische Dynamik. 2. Aufl. Stuttgart [u.a.] : Teubner, 2004
- Skript
- zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen


15. Lehrveranstaltungen und -formen:

- 571601 Vorlesung Dynamik 1
- 571602 Vorlesung Dynamik 2

| | |
|---|---|
| | • 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dynamik I, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Dynamik II, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57161 Strukturdynamik (PL), schriftliche Prüfung, 80 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | 44830 Mechanische Systeme |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint, Kurzvideos, kleine Experimente |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600116 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | • Karsten Keller<br>• Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Finite Elemente II (Diskretisierung II)<br><br>Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Methode der Finite Elemente für die Anwendung in der Strukturmechanik im Hinblick auf Flächen- und räumliche Tragwerke. Sie können dann außerdem mit weiteren Elementmodellen zur Berechnung dieser Tragwerke umgehen. Die Studierenden sind somit mit 2D- und 3D-Formulierungen im Bereich der Finiten Elemente Methode vertraut und können diese mit theoretischem Unterbau und Verständnis anwenden.<br><br>Statik III (Einführung in die Plattentheorie)<br><br>Platten sind ein wichtiges Bauelement für den Ingenieur, das wie der Balken Belastungen über Biegung abträgt. Die Studierenden lernen die Unterschiede zwischen der dünnen Platte, die nur Biegeverformungen aufweist und der dicken Platte, in der noch zusätzlich |

| | |
|---|---|
| | Schubverformungen zu berücksichtigen sind. Sehr dünne Platten können auch ausbeulen. Die Studierenden können mit der klassischen Theorie beider Plattenmodelle umgehen und das Tragverhalten der Platte sowie die plattenspezifischen Größen wie Ersatzschubkraft und Eckenkraft bestimmen. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen zur Lösung der linearen Randwertaufgabe der Elastostik mit Finiten Elementen<br>• Variationsprinzipe, Einfeld- und Mehrfeldprinzipe<br>• Erstellen der Finite Elementematrizen von Verschiebungsmodellen<br>• Steifigkeitsmatrix, Konvergenz<br>• Assemblierung des Tragwerks, Freiwertebasenwechsel<br>• Lösung des Gleichungssystems, Berechnung der Lagerreaktionen<br>• Berechnung der Eigenfrequenzen und Beullasten<br>• Praxisorientierte Finite Elemente<br>• mechanische Verhalten der Elementmodelle in Beispielen<br>• (Einfluss der verwendeten Integration und Elementverzerrung)<br><br>• Vorstellung der Theorie der dünnen Platte nach Kirchhoff, Differentialgleichung für die Rechteckplatte und Kreisplatte<br>• Analytische Lösung der Differentialgleichung nach Navier und Levy-Nadai und Näherungslösung nach Ritz<br>• Theorie der schubweichen dicken Platte nach Reissner, Aufstellen der Differentialgleichung und analytische Behandlung eines Spezialfalls<br>• Einführung in die klassische Laminattheorie. Durchführen der Dickenintegration und Aufstellen der Steifigkeitsbeziehung mit der Kopplung von Scheibe und Platte<br>• Ausbeulen der dünnen Platte<br>• Vorlesungsbegleitende Übungsbeispiele |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung Ergänzende Vortragsfolien<br><br>Literatur zu Finite Elemente II:<br><br>H.R. Schwarz, Methode der _niten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart.<br><br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1986.<br><br>T. J. R. Hughes, The Finite Element Method, Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis, Prentice-Hall International Editions.<br><br>O. C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, Third edition, McGraw-Hill Book Company. (Deutsche Übersetzung als Hanser Fachbuch).<br><br>Literatur zur Statik III:<br><br>A. Nadai: Elastische Platten, 1.Aufl., Springer Verlag, Berlin (1925)<br><br>K. Girkmann: Flächentragwerke, 5.Aufl., Springer Verlag, Wien (1959)<br><br>S. P. Timoshenko, S. Woinowski-Krieger: Theory of Plates and Shells, 2.Aufl., MacGraw-Hill Book Co., New York (1959) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 456701 Vorlesung Diskretisierungsmethoden in der Statik und Dynamik<br>• 456702 Vorlesung Einführung in die Plattentheorie |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Finite Elemente II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Statik III, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45671 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45210 Strömungsmesstechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110162 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Wuerz |
| 9. Dozenten: | • Werner Wuerz<br>• Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die einschlägige Strömungsmesstechnik sowie die Messverfahren und die zugehörigen Versuchsanlagen. Sie sind in der Lage Messaufnehmer und Messsonden sowie digitale Datenerfassung einzusetzen |
| 13. Inhalt: | Grundlagen der Strömungsmesstechnik und zugehöriger Datenerfassung sowie digitaler Signalaufbereitung; Messverfahren im Hinblick auf Kraftmessungen, Druckmessungen, Temperaturmessungen, Schubspannungsmessung, Geschwindigkeits- und Richtungsmessungen, optische Strömungsmessverfahren; Aufbau und Funktionsweise von subsonischen Windkanälen und Versuchsanlagen, transsonischen, Überschall und Hyperschallwindkanälen |
| 14. Literatur: | Skript,<br>W. Nitsche: Strömungsmesstechnik, Springer-Verlag Berlin (1994) ISBN 3-540-54467-4<br>J.B. Barlow, W.H. Rae, A. Pope: Low-Speed Wind Tunnel Testing Wiley Interscience New York (1999), ISBN 0-471-55774-9 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 452101 Vorlesung Strömungsversuchs- und Messtechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45211 Strömungsmesstechnik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 45220 Strömungsmesstechnik und Visualisierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110161 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Wuerz |
| 9. Dozenten: | • Werner Wuerz<br>• Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die einschlägige Strömungsmesstechnik sowie die Messverfahren und die zugehörigen Versuchsanlagen. Sie sind in der Lage Messaufnehmer und Messsonden sowie digitale Datenerfassung einzusetzen. Die Studierenden verfügen über fundierte Kenntnisse der eingesetzten Verfahren und Methoden zur experimentellen Strömungsvisualisierung |
| 13. Inhalt: | Grundlagen der Strömungsmesstechnik und zugehöriger Datenerfassung sowie digitaler Signalaufbereitung;Messverfahren im Hinblick auf Kraftmessungen, Druckmessungen, Temperaturmessungen, Schubspannungsmessung, Geschwindigkeits- und Richtungsmessungen, optische Strömungsmessverfahren; Aufbau und Funktionsweise von subsonischen Windkanälen und Versuchsanlagen, transsonischen, Überschall und Hyperschallwindkanälen; Laborversuche begleitend zu den Themenbereichen der Vorlesung; Grundlagen und Verfahren zur experimentellen Strömungsvisualisierung; Laserlichtschnittverfahren, Folgeverhalten von Tracern, Rauch/Farbzuführungsverfahren, Wandanstrichverfahren, Infrarottechnik, optische Verfahren |
| 14. Literatur: | Skript,<br>W. Nitsche: Strömungsmesstechnik, Springer-Verlag Berlin (1994) ISBN 3-540-54467-4<br>J.B. Barlow, W.H. Rae, A. Pope: Low-Speed Wind Tunnel Testing Wiley Interscience New York (1999), ISBN 0-471-55774-9 |

| | |
|---|---|
| | A.J. Smits, T.T. Lim: Flow Visualisation, Imperial College Press London (2000) ISBN 1-86094-193-1 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 452201 Vorlesung Strömungsversuchs- und Messtechnik<br>• 452202 Laborseminar Strömungsversuchs- und Messtechnik<br>• 452203 Vorlesung Strömungsvisualisierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Strömungsversuchs- und Messtechnik, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Strömungsversuchs- und Messtechnik, Labor: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Strömungsvisualisierung, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45221 Strömungsmesstechnik und Visualisierung (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45260 Systemsimulation in der Satellitenentwicklung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500109 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | • Hans-Peter Röser<br>• Jens Eickhoff |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | |
| 13. Inhalt: | |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung,<br>Lehrbuch: Simulating Spacecraft Systems, Springer, 2009 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 452601 Vorlesung Systemsimulation in der Satellitenentwicklung I<br>• 452602 Vorlesung Systemsimulation in der Satellitenentwicklung II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Systemsimulation in der Satellitenentwicklung I: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Systemsimulation in der Satellitenentwicklung II: 90 h (Präsenzzeit: 28 h,Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 56 h, Selbststudium: 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45261 Systemsimulation in der Satellitenentwicklung (PL), schriftlich oder mündlich, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PPT Präsentaionen, Tafel |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45270 Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Philipp Fuhr |
| 9. Dozenten: | Christof Kindervater |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben ein grundlegendes Verständnis des Werkstoffverbundes Faser- Kunststoff-Verbund sowie der mikromechanischen Zusammenhänge und letztendlich der gesamten FKV-Prozesskette. Sie haben einen Überblick über gängige Faser-/Halbzeug-/Matrixsysteme. Sie kennen die Anwendung von fasergerechten Fertigungsverfahren und Prüfmethoden und die Methoden zum Entwurf und zur Dimensionierung von Laminaten (Klassische Laminattheorie (CLT), Versagenshypothesen). Die Studierenden sind in der Lage Krafteinleitungen vorzudimensionieren. |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die FKV (Historie, Analogien zur Natur, Marksituation)<br>• Anwendungsbeispiele aus verschiedenen Branchen<br>• Fasern/Halbzeuge/Matrices<br>• Duromere und thermoplastische Fertigungsverfahren<br>• FKV-spezifische NDT-Verfahren<br>• Recycling<br>• Mikromechanische Modelle (UD-Einzelschicht, Gewebe)<br>• Elastische Eigenschaften der Einzelschicht und des Mehrschichtverbundes (CLT)<br>• Einfluss von Temperatur und Feuchte<br>• Festigkeitshypothesen für die Einzelschicht<br>• Krafteinleitungen (Kleben, Bolzen, Schlaufen)<br>• Fallstudien |
| 14. Literatur: | Helmut Schürmann |

| | |
|---|---|
| | Konstruieren mit Faser-Kunststoffverbunden Springer 2005 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 452701 Vorlesung Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45271 Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV) (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugzeugbau |

# Modul: 49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Andre Haufe |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Vertiefte Kenntnisse in Mechanik und Statik |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den Simulationsmethoden zur Abbildung strukturmechanischer Prozesse in der Kurzzeitdynamik vertraut.<br><br>Sie können die Unterschiede zur impliziten zeitintegrationsverfahren aufzeigen und die speziellen Anwendungen und Anforderungen im |

| | |
|---|---|
| | industriellen Einsatz diskutieren. Sich hieraus ergebende Anforderungen an die Modellbildung (Werkstoffmodelle, diverse Diskretisierungen, Verifikation und Validierung von Modellen) sind den Studenten bekannt.<br><br>Der Einfluss von Diskretisierungsgrößen wie z.B. Zeitschrittgröße oder Elementgröße auf die Qualität und Belastbarkeit von Berechnungsergebnisse sind verstanden.<br><br>Die Studierenden kennen die Anforderungen an die Simulation aus Industriesicht. |
| 13. Inhalt: | • Einführung und Übersicht aktueller Anwendungen für explizite Zeitintegrationsverfahren in der FEM<br>• Zeitintegration & Diskretisierung mit Finiten Elementen / Unterschiede zu Impliziten Verfahren<br>• Effekte materieller Nichtlinearitäten der FEM im Industrieeinsatz<br>• Gebräuchliche Materialformulierungen und Implementierung<br>• Modelltechnik und -aufbau großer Impaktmodelle (z.B. Crashmodelle)<br>• Fluid-Struktur-Interaktion für explizite Zeitintegration (Airbag-Entfaltung)<br>• Validierung und Verifikation von Berechnungsmodellen in der Industriepraxis |
| 14. Literatur: | Belytschko, T., Liu, W.K., Moran, B.: Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, Jpohn Wiley & Sons, LTD, ISBN 0-471-98773-5 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496301 Vorlesung Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49631 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45280 Thermodynamik der Gemische

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700305 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Karsten Meier |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Bedingungen für das thermodynamische Gleichgewicht.<br>• Die Studierenden können Zustandsgleichungen für Gemische formulieren.<br>• Die Studierenden können Phasendiagramme interpretieren.<br>• Die Studierenden können Phasengleichgewichte berechnen. |
| 13. Inhalt: | • Bedingungen für das thermodynamisches Gleichgewicht<br>• Chemisches Potenzial<br>• Mischungsgrößen<br>• Fugazitätskoeffizientenansatz<br>• Zustandgleichungen für Gemische<br>• Aktivitätskoeffizientenansatz<br>• GE-Modelle<br>• Gibbs'sche Phasenregel, Phasendiagramme<br>• Phasengleichgewichtsberechnung |
| 14. Literatur: | H.D. Baehr, S. Kabelac: Thermodynamik, 15. Auflage, Springer, Berlin, 2012<br>J.P. O'Connell, J.M. Haile: Thermodynamics, Cambridge University Press, 2005 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 452801 Vorlesung Thermodynamik der Gemische |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |

| | |
|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45281 Thermodynamik der Gemische (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Präsentation, Blockveranstaltung |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45290 Tragflügelaerodynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110142 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Thorsten Lutz |
| 9. Dozenten: | Thorsten Lutz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen des Moduls „Aerodynamik und Flugzeugentwurf I" (060101001) |
| 12. Lernziele: | Flugzeugaerodynamik II<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen und Anwendungsgrenzen von aerodynamischen Berechnungsmethoden, die im Vorentwurf und für Lastannahmen einsetzbar sind und können entsprechende Programme für Entwurfszwecke einsetzen.<br>• Die Studierenden verstehen den Einfluss der Pfeilung auf die aerodynamischen Eigenschaften von Tragflügeln in allen Mach-Zahl Bereichen und können die Wahl der Pfeilung bei Verkehrsflugzeugen und Überschallflugzeugen nachvollziehen.<br>• Sie können die zu erwartenden aerodynamischen Effekte bei Überschall-Tragflügeln ohne aufwändige Rechnung abschätzen und sind so in der Lage die Ergebnisse numerischer Simulationen zu bewerten.<br>• Sie kennen komplexe aerodynamische Effekte (Instationarität, Interferenzeffekte, nichtlineare Effekte) und den Einfluss auf die aerodynamischen Eigenschaften. |
| 13. Inhalt: | Flugzeugaerodynamik II<br>• Erweitertes Traglinienverfahren<br>• Weissinger-Verfahren + Anwendungen<br>• Wirbelleiterverfahren + Anwendungen<br>• Nichtlineare Aerodynamik, Flügel kleiner Streckung, Deltaflügel<br>• Prinzip der Unabhängigkeit |

| | |
|---|---|
| | • Pfeilungseffekte bei subsonischer, transsonischer und supersonischer Strömung<br>• Supersonische Flügelumströmung<br>• Interferenzeffekte<br>• Grundzüge der instationären Strömung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Übungsgblätter<br>Graphisch interaktives Programm „AERO"<br>Anderson, J.D.: Fundamentals of Aerodynamics<br>Anderson, J.D.: Modern Compressible Flow<br>Schlichting, Truckenbrodt: Aerodynamik des Flugzeuges |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 452901 Vorlesung Flugzeugaerodynamik II<br>• 452902 Übung Flugzeugaerodynamik II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugzeugaerodynamik II, Vorlesung: 73 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 45 h)<br>Flugzeugaerodynamik II, Übungen: 17 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45291 Tragflügelaerodynamik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Programmanwendungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Aerodynamik und Gasdynamik |

# Modul: 45300 Tragwerksoptimierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik strukturieren und adäquat beschreiben, und zwar einschließlich Mehrzielkriterien,<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik klassifizieren,<br>- besitzen einen Überblick über die Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können einfache Optimierungsprobleme ohne und mit Randbedingungen analytisch lösen,<br>- kennen die wesentlichen Grundlagen numerischer Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können zwei typische numerische Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik anwenden, |

| | |
|---|---|
| | - kennen das Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren in der Strukturmechanik. |
| 13. Inhalt: | - Einführung und Motivation,<br>- Klassifikationsmerkmale für Optimierungsprobleme,<br>- mathematische Beschreibung tragwerkstypischer Optimierungsprobleme,<br>- allgemeines Vorgehen beim Optimalentwurf,<br>- analytische Optimierungsverfahren,<br>- numerische Verfahren für tragwerkstypische Optimierungsprobleme, (insbes. Liniensuch-, Straffunktions-, duales Lösungsverfahren),<br>- Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren. |
| 14. Literatur: | - Arora, J.S.: Introduction to optimum design. 2 Aufl. Amsterdam/... : Elsevier Academic Press, 2004<br>- Baier, H. ; Seeßelberg, C. ; Specht, B.: Optimierung in der Strukturmechanik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>- Kirsch, U.: Structural Optimization. Berlin/... : Springer, 1993<br>- Papageorgiou, M.: Optimierung : statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung. 2. Aufl. München ; Wien : Oldenbourg, 1996<br>- Pardalos, P.M. ; Resende, M.G.C. (Hrsg.): Handbook of applied optimization. Oxford ; Berlin : Oxford University Press, 2002<br>- Skript |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453001 Vorlesung Tragwerksoptimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Tragwerksoptimierung , Vorlesung : 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45301 Tragwerksoptimierung (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 45310 Turbomachinery

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Martin Rose |
| 9. Dozenten: | Martin Rose |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Turbomachinery I<br>The students will be introduced to the whole topic of turbomachinery; turbines<br>and compressors, radial and axial flow. Aero gas turbines will be a central theme.<br>An appreciation of the techniques of design and analysis will be gained. The nondimensional<br>groups used to express the design choices will be studied and the emphasis will be put on efficiency and loss. A brief overview of turbomachinery in<br>renewable energy is included.<br>Turbomachinery II:<br>• This course will take a deeper look at turbomachinery<br>• Design issues will be emphasised; from preliminary through to unconventional topics like end wall profiling.<br>• Detailed topics will include use of CFD in turbomachinery and turbine cooling.<br>• Instability and unsteadiness will be addressed |
| 13. Inhalt: | Turbomachinery I:<br>• Dimensional analysis & Velocity triangles<br>• Thermo-fluids and Aerofoils<br>• Meanline analysis & Loss<br>• Axial Turbine design & analysis<br>• Axial & Radial compressor design<br>• Turbomachinery in Renewable Energy |

| | |
|---|---|
| | Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten.<br>Turbomachinery II:<br>• Preliminary & Aerofoil design consideration<br>• Conventional 3D & Tip Design<br>• Unconventional 3D Design<br>• Turbine Cooling introduction & overview<br>• CFD in turbine design; equations, solution, interpretation & future.<br>• Unsteadiness & Instability in Turbomachinery<br>- 280 -<br>• Experimental work in turbomachinery<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |
| 14. Literatur: | Wilson D. G., Korakianitis T.:<br>The Design of High - Efficiency Turbomachinery and Gas Turbines<br>Prentice Hall |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453101 Vorlesung Turbomaschinen I<br>• 453102 Übung Turbomaschinen I<br>• 453103 Vorlesung Turbomaschinen II<br>• 453104 Übung Turbomaschinen II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Turbomachinery I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Turbomachinery II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45311 Turbomachinery (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45320 Turbulenz

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110152 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | • Ulrich Rist<br>• Peter Gerlinger<br>• Grazia Lamanna<br>• Sebastian Spring |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• die theoretischen Grundlagen zur Beschreibung turbulenter Strömungen<br>• Modellierungsansätze (Wirbelviskositätsmodelle, Reynolds-Spannungsmodelle)<br>• die Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS<br>• Anwendungsbeispiele mit CFD<br><br>• ausgewählte Turbulenzmodelle und Transportgleichungsmodelle<br>• Large-Eddy Simulation und hybride Verfahren<br>• turbulente Mischung und Verbrennung<br><br>• Fragen der Validierung und Implementierung<br>• typische Anwendungsergebnisse |
| 13. Inhalt: | I. |

| | |
|---|---|
| | • Einführung in die Turbulenz<br>• Statistische Beschreibung der Turbulenz<br>• Schließungsproblem<br>• Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS<br>• Klassische Turbulenzmodelle: Überblick<br><br>II.<br><br>• algebraische Modelle<br>• Ein- und Zweigleichungsmodelle<br>• Reynolds-Stress-Modelle<br>• Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion<br>• Grobstruktursimulation |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ferziger, Peric: Computational fluid dynamics<br>David C. Wilcox: Turbulence Modeling for CFD<br><br>John L. Lumley, First Course of Turbulence<br>Stephen B. Pope, Turbulent Flows |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453201 Vorlesung Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• 453202 Tutorium Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• 453203 Vorlesung Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle<br>• 453204 Tutorium Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Grundlagen der Turbulenzmodellierung, Vorlesung: 105 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 70 h)<br>Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br><br>Gesamt: 195 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 125 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45321 Turbulenz (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45330 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700200 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Rainer Walther |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Funktionsweise der Flugtriebwerks-Brennkammer und -Nachverbrennung<br>• Die Studierenden verstehen die physikalisch-chemischen Ursachen der Schadstoffbildung<br>• Die Studierenden kennen Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Schadstoffreduzierung<br>• Die Studierenden können die aerothermodynamischen Eigenschaften von Strömungen mit Wärmefreisetzung bewerten |
| 13. Inhalt: | • Brennkammern in Flugtriebwerken und ihre Funktionsweise<br>• Schadstoffbildung in Brennkammern<br>• Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung<br>• Atmosphärenwirkung luftfahrtbedingter Emissionen<br>• Strömungen mit Wärmefreisetzung, Beispiele von Staustrahlantrieben<br>• Alternative Brennstoffe |
| 14. Literatur: | A.H. Lefebvre: Gas Turbine Combustion<br>E. Curran, S.N.B. Murthy: Scramjet Propulsion |

| | |
|---|---|
| | R. Walther: Scramjet-Propulsion: Alte Herausforderung im neuen Jahrhundert?<br>DGLR-Jahrestagung 2004<br>D.L. Dagett et al.: Alternate Fuels for Use in Commercial Aircraft, ISABE-2007-1196 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453301 Vorlesung Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I<br>• 453302 Vorlesung Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I, Vorlesung: 112 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 84 h)<br>Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt II, Vorlesung: 56 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 42 h)<br>Gesamt: 168 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 126 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45331 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 43070 Verkehrstelematik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062300006 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Martin Metzner |
| 9. Dozenten: | • Martin Metzner<br>• Annette Scheider |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in der Lage sein, die Interaktion von Positionsbestimmung, Navigation und Kommunikation zu verstehen und entsprechende Systeme zu analysieren und zu konzipieren. |
| 13. Inhalt: | • Verkehrstelematik für Land- und Luftverkehrsanwendungen<br>• Geodaten in der Telematik: Digitale Straßenkarte (GDF), Amtliche Kartendaten (ATKIS, OKSTRA), Digitale Flughafenkarte<br>• Kommunikationstechniken im Straßen- und Flugverkehr<br>• Ortung und Navigation: Fahrzeugsensorik<br>• Routingalgorithmen<br>• Map-Matching und Map-Aiding<br>• Fahrzeug-Navigationssysteme<br>• Verkehrsdatenerfassung: Verkehrsdaten, stationäre und infrastrukturgestützte Erfassung, Floating Car Data, Floating Phone Data<br>• Anwendungen und Dienste z.B. Verkehrsleitzentrale, Fahrerassistenzsysteme, Mobilitäts- und Informationsdienste, LBS, Flottenmanagement |

| | |
|---|---|
| | • Verkehrstelematik im Schienenverkehr<br>• Verkehrstelematik im Flugverkehr: EnRoute, Start- und Landung, Rollfeld und Rollbahnen |
| 14. Literatur: | • McQueen, B. und McQueen, J. (1999): Intelligent transportation systems architectures. Boston: Artech House.<br>• Drane, C. und Rizos, C. (1998): Positioning systems in intelligent transportation systems. Boston: Artech House. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 430701 Vorlesung Verkehrstelematik<br>• 430702 Übung Verkehrstelematik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Verkehrstelematik, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Verkehrstelematik, Übung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>**Gesamt: 180 h** (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium: 124 h |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 43071 Verkehrstelematik (PL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), schriftliche Prüfung |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, Laptop und Beamer, GIS- und Rechenübungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Ingenieurgeodäsie |

# Modul: 45340 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Klaus Kuhn |
| 9. Dozenten: | Klaus Kuhn |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen das Zusammenspiel der Versuche während des<br>Triebwerks- und Komponentenentwicklungs-programms.<br>• Die Studierenden verstehen den komplexen Begriff der ``compliance´´.<br>• Die Studierenden verstehen welche Größen an den Versuchsträgern während<br>der Entwicklung gemessen werden.<br>• Sie verstehen die Zielsetzung dieser Messungen an Hand von Beispielen.<br>• Die Studierenden kennen die Instrumentierung in Gasturbinen.<br>• Der Aufbau und die Funktionsweise von Prüfständen sind bekannt.<br>• Die Studierenden kennen die Messungen am Triebwerk im Rahmen des Flugversuches. |
| 13. Inhalt: | Compliance mittels eines Triebwerksentwicklungsprogramms und Komponentenentwicklungsprogramms |

| | |
|---|---|
| | • Compliance im Flugversuch<br>• Instrumentierung der Versuchsträger<br>• Messverfahren zur Bestimmung der Strömungsgrößen in Turbomaschinen<br>• Schub- und Durchsatzmessung<br>• Vermessung von Düsenkoeffizienten<br>• Traversiermessungen mit Sonden, Rechen und Verstelleinrichtungen<br>• Messunsicherheit und deren Konsequenz<br>• Aufbau und Betrieb von Prüfständen für Gasturbinen und deren Komponenten<br>• Messungen am Triebwerk im Flugversuch<br>• Umsetzung einer Messaufgabe am Kleinverdichterprüfstand |
| 14. Literatur: | Prüfstände im Triebwerksbau, K. Kuhn , Institut für Luftfahrtantriebe.<br>Untersuchung der Aerothermodynamik von Verdichter, Brennkammer und<br>Turbine, K. Kuhn, Institut für Luftfahrtantriebe |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453401 Vorlesung Versuchs- und Messtechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45341 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45370 Weltraumqualifikation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | Hans-Peter Röser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studenten verfügen über das Basiswissen zur Qualifikation und Verifikation von Satelliten. Dies erstreckt sich zum einen über EMV-Tests und Umwelttests von Satellitenkomponenten und gesamten Satelliten. Zum anderen kennen die Studenten die Vorgehensweise bei der Durchführungen von Funktionstests und der Verifikation von Satellitensoftware. |
| 13. Inhalt: | • Konzepte und Methoden der Weltraumqualifikation und -verifikation<br>• Vorstellung und zum Teil eigene Durchführung von Funktionstests, Thermal- Vakuumtest, mechanischen Tests und EMV-Tests<br>• Verifikation durch Systemsimulation und Flatsat |
| 14. Literatur: | Manuskript zur Vorlesung, Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453701 Vorlesung Weltraumqualifikation |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45371 Weltraumqualifikation (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45380 Werkstoffe für Turbomaschinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400111 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Alexander Fels |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen den Einfluss von Legierungselementen auf die Werkstoffeigenschaften<br>• Die Studierenden haben einen Einblick in die Herstellungsprozesse moderner Werkstoffe.<br>• Die Studierenden haben einen Einblick in die Rohstoffwirtschaft und die Werkstoffentwicklung.<br>• Sie kennen Schadensgruppen und Schadensursachen.<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die Methoden der Werkstoffprüfung.<br>• Die Studierenden kennen mikroskopische Prüfverfahren und die damit verbundenen Präparationsmethoden.<br>• Die Studierenden verstehen die modulare Schadensuntersuchung. |
| 13. Inhalt: | • Wichtige Elemente des Periodensystems und ihre Eigenschaften<br>• Stahlveredler<br>• Leichtmetalle, Schwermetalle und Edelmetalle<br>• Alkalien, Erdalkalien, seltene Erden und Actiniden<br>• Konstruktionswerkstoffe<br>• Herstellungsprozesse, Rohstoffwirtschaft, Werkstoffentwicklung<br>• Konstruktion und Festigkeitsauslegung von Messrechen<br>• Werkstoff- und Bauteilschäden, Werkstoffzustände<br>• Bauteil und Werkstoffprüfung<br>• Werkstoffgefüge<br>• Lichtmikroskopie, Elektronenmikroskopie, Präparationsmethoden<br>• Strukturanalyse und Gefügeauswertung<br>• Modulare Schadensuntersuchung |

| | |
|---|---|
| | • Beispiele und Übungen |
| 14. Literatur: | Bargel, H. & Schulze. G. (2008): Werkstoffkunde. - 10. Aufl., 453 S., Berlin<br>(Springer)<br>Läpple, V. et al. (2011): Werkstofftechnik Maschinenbau. - 3. Aufl., 704 S. mit CD-ROM, Stuttgart (Europa-Lehrmittel Verlag) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453801 Vorlesung Das Periodensystem als Werkstoffbaukasten<br>• 453802 Vorlesung Praxis der Werkstoffuntersuchung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Das Periodensystem als Werkstoffbaukasten: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Praxis der Werkstoffuntersuchung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45381 Werkstoffe für Turbomaschinen (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45390 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310106 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Yves Klett |
| 9. Dozenten: | • Peter Middendorf<br>• Yves Klett |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die in der Luft- und Raumfahrt eingesetzten Materialien und Fertigungsvefahren kennen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Faserverbund- und Leichtmetallwerkstoffen sowie Sandwich-Technologien. Die Studierenden lernen Vor- und Nachteile sowie praxisorientierte Auswahlkriterien kennen, die über einen optimierten Werkstoffeinsatz entscheiden und werden in die Lage versetzt, eine solche Auswahl selbst zu treffen. |
| 13. Inhalt: | • Faserverbundwerkstoffe und Matrixsysteme<br>• Sandwichwerkstoffe (Schäume, Honigwaben, Faltkerne)<br>• Leichtmetalle<br>• Triebwerk-Werkstoffe<br>• Multifunktionale Werkstoffe<br>• Nano-Werkstoffe |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Schürmann, H.: Konstruieren mit Faser-Kunststoff- Verbunden |

| | |
|---|---|
| | Ashby, M.: Materials selection in mechanical design |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453901 Vorlesung Werkstoffe und Fertigungsverfahren im Flugzeugbau |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45391 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45450 Werkstoffe und Verfahren für Antriebe der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310109 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Heinz Voggenreiter |
| 9. Dozenten: | Heinz Voggenreiter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 2. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 2. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 2. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 2. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen ein grundlegendes Verständnis der werkstoffbedingten Einsatzgrenzen von heutigen Luft- und Raumfahrtantrieben und der werkstofftechnischen Herausforderungen und Lösungsansätzen für Luftund Raumfahrtantriebe der Zukunft. |
| 13. Inhalt: | Die Anforderungsprofile an Werkstoffe für Luft- und Raumfahrtantrieben werden dargestellt. Aktuelle metallische und keramische Werkstoffsysteme und deren Verarbeitungstechniken werden beschrieben. Die mechanischen, thermischen und physikalischen Einsatzgrenzen werden diskutiert und Entwicklungstendenzen aufgezeigt. Neue Werkstofflösungen und deren Verfahrenstechniken zur Steigerung der Leistung und Lebensdauer der Triebwerke werden dargestellt. Eine Führung durch das Institut für Bauweisenund Konstruktionsforschung ist vorgesehen |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Hornbogen, E.; Eggeler, G.; Werner E.: Werkstoffe, Springer, 2011 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 454501 Vorlesung Werkstoffe und Verfahren für Raumfahrtantriebe<br>• 454502 Vorlesung Werkstoffe und Verfahren für Luftstrahlantrieb |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Werkstoffe und Verfahren für Raumfahrtantriebe, Teil 1, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Werkstoffe und Verfahren für Raumfahrtantriebe, Teil 2, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45451 | Werkstoffe und Verfahren für Antriebe der Luft- und Raumfahrt (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 45400 Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600115 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den verschiedenen Verfahren zur Gewinnung und Verarbeitung metallischer Werkstoffe vertraut. Sie beherrschen die Methoden zur Veränderung der Stoffeigenschaften entsprechend der konstruktiven Vorgaben.<br>Sie beherrschen die Verfahren zur experimentellen Ermittlung von Werkstoffkennwerten sowohl unter schlagartiger als auch unter zügiger oder zyklischer Beanspruchung. Sie kennen zerstörungsfreie Prüfverfahren. Sie sind vertraut mit Tribologiesystemen, den Hauptgebieten der Tribologie und den Verschleißmechanismen, aber auch mit den verschiedenen Korrosionsmechanismen.<br>Sie beherrschen die verschiedenen Kennzeichnungen von Werkstoffen, d.h. die Werkstoffnummersysteme bei Stählen, Gusseisen und NE-Metallen. Sie sind in der Lage, die verschiedenen Werkstoffe in den unterschiedlichsten Fertigungsverfahren optimal einzusetzen. |
| 13. Inhalt: | • Werkstoffeigenschaften in Bezug auf Fertigungsverfahren (Urformen, Umformen, Verändern von Stoffeigenschaften usw.)<br>• Gewinnung und Verarbeitung metallischer Werkstoffe<br>• Legierungen (Eisen-, Al- und andere Nichteisenmetall-Legierungen)<br>• Wärmebehandlungen im (Un-)Gleichgewichtszustand<br>• Kriechen - Relaxation<br>• Korrosion: Grundlagen, Korrosionsarten, Korrosionsschutz, Hochtemperaturkorrosion<br>• Werkstoffverhalten bei verschiedenen Temperaturen und Beanspruchungsgeschwindigkeiten<br>• Tribologie (Verschleißmechanismen, Hauptgebiete der Tribologie) |

| | |
|---|---|
| | • Werkstoffprüfung: Ermittlung spezieller Werkstoffkennwerte (z.B. schlagartige, zügige und zyklische Materialkennwerte), Zeitstandsversuche, schwingende Beanspruchung, Einflussfaktoren, zerstörungsfreie Werkstoffprüfung<br>• Besonderheiten einzelner Werkstoffgruppen<br>• Plastische Verformung und Bruchvorgänge<br>• Methoden zur Erhöhung der Festigkeit<br>• Kriterien für die Werkstoffauswahl<br>• Werkstoffbezeichnungen (Stähle, Gusseisen, NE-Metalle) |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 454001 Vorlesung Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45401 Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45410 Wiedereintrittstechnologie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500106 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Georg Heinrich Herdrich |
| 9. Dozenten: | Georg Heinrich Herdrich |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Am Ende des Moduls haben die Studierenden einen vertieften Überblick über die wesentlichen Technologien, die für einen atmosphärischen Wiedereintritt beherrscht werden müssen. Sie kennen die relevanten Missionen und diskutierten Missionsszenarien sowie die technologischen Herausforderungen, insbesondere für Hitzeschutzsysteme, die relevanten Materialien und deren Eigenschaften. Sie wissen, wie derartige Eigenschaften in Bodentestanlagen und durch den Einsatz von verschiedenen Messsystemen im realen Flug untersucht sowie qualifiziert werden. |
| 13. Inhalt: | • Wiedereintrittstrajektorie, De-orbit-Manöver<br>• Wiedereintrittsmissionen und -fahrzeugkonzepte<br>• Konzepte für Thermalschutzsysteme<br>• Wesentliche Eigenschaften der Wiedereintrittsplasmen<br>• Bodentestanlagen |

| | |
|---|---|
| | • Ausgewählte Instrumentierungen für Wiedereintrittskörper |
| 14. Literatur: | G. Herdrich et al.: Manuskript zur Vorlesung Wiedereintrittstechnologie, jährlich<br>aktualisiert<br>ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 454101 Vorlesung Wiedereintrittstechnologie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45411 Wiedereintrittstechnologie (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44030 Wind Turbine Noise

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110143 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Thorsten Lutz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • The students know the different noise sources of modern wind turbines and the physical mechanisms of the noise contributions.<br>• They are familiar the state-of-the-arts prediction methods, from efficient industry models to costly numerical methods, as well as the limitations and limits of applicability of the approaches.<br>• The students are familiar with techniques to reduce the different noise contributions and have basic knowledge about low noise wind turbine blade design |
| 13. Inhalt: | • Introduction to wind energy, current problems, noise regulations, necessity of noise reduction & design concepts<br>• Basics of aeroacoustics, sound and noise, governing equations of aerodynamics & aeroacoustics, solutions methods<br>• Noise mechanisms of wind turbine, low frequency noise, turbulent inflow noise, tip noise, boundary-layer separation noise, bunt-trailing edge noise & turbulent boundary-layer trailing-edge interaction noise<br>• Basics of airfoil aerodynamics, definition of different aerodynamics parameters, turbulent boundary-layer theory, overview about numerical prediction methods e.g. DNS, RANS, LES<br>• Wind turbine noise prediction methods, state of the art, empirical/ semiempirical models, simplified theoretical models, overview on CAA & hybrid-CAA methods<br>• Noise reduction and aeroacoustics blade design concepts, an example problem definition and solution |
| 14. Literatur: | Powerpoint Folien |

| | |
|---|---|
| | Berechnungsprogramm IAGNoise GUI<br>Berechnungsprogramm XFOIL<br>S. Wagner, R. Bareiss, G. Guidati: Wind Turbine Noise |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440301 Vorlesung Akustik von Windenergieanlagen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44031 Wind Turbine Noise (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Programmanwendungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Aerodynamik und Gasdynamik |

# Modul: 12420 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320011 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Technische Mechanik I |
| 12. Lernziele: | • Studierende erlangen Kenntnisse über die Grundlagen der Windenergienutzung insbes. durch netzgekoppelte Windenergieanlagen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage eine elementare Auslegung von Windenergieanlagen auszuführen unter der Berücksichtigung der lokalen Windpotenzials, des aerodynamischen, mechanischen und elektrischen Anlagenkonzepts sowie deren Regelung und Betrieb im elektrischen Netz.<br>• Ebenfalls können die Wirtschaftlichkeit sowie Aspekte der Energiepolitik und des Natur- u. Umweltschutzes beurteilt werden. |
| 13. Inhalt: | • ***Windenergienutzung I***<br>Einleitung, Historie & Potenziale, Windbeschreibung für Ertragsberechung, Standortwahl und Windparkaspekte, Typologie und Funktion von Windenergieanlagen, Aerodynamische Auslegung und Blattelement-Impulstheorie, Kennlinien und Leistungsbegrenzung, Konstruktiver Aufbau: 1. Mechanik, 2. Elektrisches System und Regelung,Dynamische Belastungen, Offshore-Windenergieanlagen, Wirtschaftlichkeit, Energiepolitische Fragen<br>• ***Übung und Versuch***<br>Es werden 5 Hörsaalübungen sowie der Hochlaufversuch im Böenwindkanal angeboten. |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | • Vorlesungsunterlagen des Lehrstuhls (PowerPoint-Folien)<br>• R. Gasch und J. Twele, "Windkraftanlagen"<br>• James F. Manwell, Jon G. McGowan und Anthony L. Rogers, "Wind Energy Explained: Theory, Design and Application" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 124201 Vorlesung Windenergienutzung I<br>• 124202 Übung Windenergienutzung I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit Windenergienutzung I , Vorlesung: 28 Stunden<br>Selbststudium Windenergienutzung I , Vorlesung: 62 Stunden<br>Präsenzzeit Windenergienutzung I , Übung: 8 Stunden<br>Selbststudium Windenergienutzung I , Übung: 74 Stunden<br>Präsenzzeit Windkanalversuch: 3 Stunden<br>Bearbeitungszeit Versuchsauswertung: 5 Stunden<br>Summe: 180 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 12421 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0, Das Versuchsprotokoll während des Semesters ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung. Die Prüfung umfasst einen Fragenteil (20min) und einen Rechenteil (70min). |
| 18. Grundlage für ... : | • 30880 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen<br>• 30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 29150 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320012 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie |
| 12. Lernziele: | After attending the class the students should have the basic technical understanding for the planning and realization of a wind park and the necessary knowledge on the regulatory, economic and environmental issues related to the construction and operation of wind farms. |
| 13. Inhalt: | • Preliminary site assessment<br>• Extreme wind distribution<br>• Wake models for loads and park efficiency<br>• Site specific load assessment<br>• Environmental impact (noise, shadow)<br>• Onshore: foundation and logistics<br>• Grid connection and integration<br>• Reliability of wind turbines<br>• Load monitoring of wind turbine components<br>• Offshore wind energy |
| 14. Literatur: | • PowerPoint slides available in ILIAS<br>• classroom exercise material available in ILIAS<br>• text book: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner<br>• http://www.wind-energie.de/infocenter/technik |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 291501 Vorlesung Windenergie II<br>• 291502 Übung Windenergie II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Time of lecture attendance: 28 hours<br>Self-study time for lectures: 62 hours<br>Time of classroom exercise attendance : 16 hours<br>Self-study time for exercises: 74 hours |

| | |
|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 29151 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint slides and blackboard |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 30880 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320013 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie |
| 12. Lernziele: | - Die Studierenden verfügen über das Systemverständnis einer gesamten Windenergieanlage (WEA).<br>- Sie können numerisch und experimentell Belastungen an Windenergieanlagen ermitteln.<br>- Sie können Bemessungsverfahren zur Auslegung der wichtigsten Komponenten und des Gesamtsystems anwenden.<br>- Die Studierenden sind in der Lage kommerzielle Simulationsprogramme wie Bladed und Simpack am Beispiel einer typischen Multi-MW Windenergieanlage anzuwenden. |
| 13. Inhalt: | Entwurf von Windenergieanlagen<br>- Auslegungsmethodik & Richtlinien<br>- Windfeldmodellierung (Begriffe,<br>- Turbulenzmodellierung, Extremereignisse)<br>- Dynamik des Gesamtsystems (Campbell-Diagramm, Simulation, Strukturdynamik, Modellierung, Messtechnik)<br>- Blattentwurf mit Nachlaufdrall |

| | |
|---|---|
| | - Blattelement-Impulstheorie (BEM-Algorithmus, empirische Korrekturen, dynamische Effekte, Schräganströmung)<br>- Offshore-Umgebungsbedingungen (Wind, Wellen, Strömung, Eis) und Bodenbedingungen<br>- Hydrodynamische Belastungen<br>- Dynamik des Gesamtsystems<br>- Regelung und Betriebsführung<br>- Lastfälle und Nachweise nach IEC 61400-1 ed. 2 (Auslegungsprozess, Lastfälle und Nachweise)<br>- Messung von Belastungen und Leistung nach IEC 61400-12/-13 am Beispiel<br>- Betriebsfestigkeit (Nachweiskonzepte für WEA, Rainflow, Palmgren-Miner, schädigungs-äquivalente Lasten, Lastverweildauer)<br>- Auslegung von WEA-Komponenten (Turm, Nabe, Blatt, maschinenbauliche Komponenten)<br>- Software(Simpack): Einführung in Benutzung der Programme und die Grundlagen aeroelastischer Berechnungen bzw. Mehr-körpersimulation<br><br>Übung und Seminar<br>• Es werden Hörsaalübungen sowie Simulationsseminar angeboten bzw. durchgeführt. |
| 14. Literatur: | - Vorlesungsfolien im ILIAS<br>- Übungsblätter im ILIAS<br>- Windkraftanlagen (R. Gasch, J. Twele)<br>- Wind Energy Explained: Theory, Design and Application (James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 308801 Vorlesung Entwurf von Windenergieanlagen I (WEA I)<br>• 308802 Übung Entwurf von Windenergieanlagen I (WEA I) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit Entwurf von Windenergieanlagen I, Vorlesung: 24 Stunden<br>Selbststudium Entwurf von Windenergieanlagen I , Vorlesung: 62 Stunden<br>Präsenzzeit Entwurf von Windenergieanlagen I, Übung: 8 Stunden<br>Selbststudium Entwurf von Windenergieanlagen I , Übung: 70 Stunden<br><br>Präsenzzeit Simulationseminar: 8 Stunden<br><br>Selbststudium Simulationseminar: 8 Stunden<br>Summe: 180 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 30881 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | 30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320014 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie<br>060320013 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen |
| 12. Lernziele: | - Die Studierenden können in Teamarbeit ein Projekt entwickeln, das die Anforderungen eines praxisnahen Produktentwicklungsprozesses erfüllt.<br><br>- Die Studierenden sind in der Lage einen industrienahen Entwicklungsprozess beispielhaft und in den wesentlichen Elementen umzusetzen.<br><br>- Das theoretische Wissen das in den Modulen Windenergie 1 und Windenergie 3 erworben wurde, setzen die Studierenden in Teamarbeit praktisch um. Sie sind damit in der Lage ihre Entwurfsentscheidungen zu reflektieren und ingenieurwissenschaftlich zu untermauern. |
| 13. Inhalt: | Entwurf von Windenergieanlagen II<br>- Teambildung, Ressourcenverteilung, Projektplanung<br>- Marktdefinition & Festlegen von Standortbedingungen<br>- Definition des Pflichtenhefts<br>- Aerodynamische Rotorauslegung und Anlagenregelung<br>- Konzeptionierung und Layout<br>- Analyse der Wirtschaftlichkeit und Kostenmodellierung<br><br>- Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse |
| 14. Literatur: | - Unterlagen zur Vorlesung<br>- Übung unter ILIAS<br>- Begleitbuch: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner, 6. Aufl.<br>- http://www.wind-energie.de/infocenter/technik |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 308901 Vorlesung Entwurf von Windenergieanlagen II (WEA II) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit Entwurf von Windenergieanlagen II, Vorlesung: 20 Stunden<br>Selbststudium Entwurf von Windenergieanlagen II , Vorlesung: 160 Stunden<br><br>Summe: 180 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 30891 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt (PL), Sonstiges, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Gruppenarbeit |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 45420 Windenergie 5 - Windenergie-Labor

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320015 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | • Martin Hofsäß<br>• Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verfügen über das Systemverständnis einer gesamten Windenergieanlage (WEA).<br>• Sie lernen anhand von praxisnahen Experimenten den direkten Zusammenhang zwischen theoretischer Grundlagen, messtechnischen Größen, Auswertung und Analyse kennen.<br>• Sie verfügen über messtechnische Grundkenntnisse hinsichtlich Dehnungsmesstreifen, Strom, Spannung, Beschleunigung und Schall.<br>• Sie können experimentell Belastungen (Kräfte und Momente), elektrische Eigenschaften sowie Schallausbreitung an Windenergieanlagen ermitteln.<br>• Sie können ihre Auswerteschritte und Ergebnisse vor der Gruppe präsentieren und die einzelnen Rechenwege reflektieren und diskutieren |
| 13. Inhalt: | Alternierend finden theoretische Vorlesungen und praktische Experimente in<br>verschiedenen Laborversuchen anhand einer Klein-Windenergieanlage zu<br>folgenden Themen statt:<br>• Leistungskurvenmessung<br>• Fehlerrechnung<br>• Experimentelle Strukturanalyse eines Rotorblattes (statische und dynamische Belastungstests)<br>• Generatorkennlinie<br>• Leistungsbegrenzung und Leistungsregelung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Übung unter ILIAS<br>Begleitbuch: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner<br>http://www.wind-energie.de/de/technik/ |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 454201 Vorlesung Windenergie 5 - Windenergie-Labor |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |

| | |
|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 45421 Windenergie 5 - Windenergie-Labor (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), mündliche Prüfung |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45430 Wissensverarbeitung und Softcomputing

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600102 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | • Werner Grimm<br>• Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Ansätze, Grundlagen und Algorithmen der modernen Wissensverarbeitung kennen und kritisch hinterfragen. Hierzu wird die Leistungsfähigkeit und Grenzen solcher wissensverarbeitender Systeme vergleichend dargestellt und untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Ansätze, Methoden und Implementierungen moderner<br>Wissensverarbeitung kennen. Dies sind im einzelnen:<br>Klassische Verfahren<br>• Wissensrepräsentation (Logik, Frames, Ontologien)<br>• Wissensverarbeitung (Regelbasierte Systeme, PROLOG)<br>• Semantik Web (OWL, ...)<br>• Softcomputing (Neuronale Netze, Fuzzy Logik und Systeme)<br>• Genetische/Evolutionäre Algorithmen<br>• lineare Optimierung<br>Nicht-klassische Verfahren<br>• Schwarmintelligenz<br>• Selbstorganisation<br>• formale Begriffsanalyse |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Russel, Norvik: Artificial Intelligence - A modern approach. Addison Wesley.<br>Stumme, G. und Wille, R.: Begriffliche Wissensverarbeitung. Springer, 2000. |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 454301 Vorlesung Wissensverarbeitung<br>• 454302 Vorlesung Softcomputing |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Knowledge Processing: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Softcomputing: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45431 Wissensverarbeitung und Softcomputing (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48720 Wärmetransportprozesse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700165 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 4.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jens Wolfersdorf |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Rico Poser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die theoretischen Grundlagen und Messprinzipien verschiedener Temperatur-, Wärmeleitfähigkeits- und Wärmestrommessverfahren.<br>• kennen die Bedeutung der wichtigsten dimensionslosen Kennzahlen und können mit deren Hilfe Versuche auslegen und planen.<br>• können geeignete Messverfahren für eine gestellte Messaufgabe hinsichtlich des Wärmetransports auswählen und sind in der Lage die gewonnenen Messdaten auszuwerten.<br>• kennen wichtige Einflussgrößen zur Messfehlerabschätzung.<br>• kennen Kühlungsmethoden für Antriebs- und Energiesysteme.<br>• verstehen die Methoden zur Intensivierung des Wärmetransports.<br>• können thermische Analysen zur vereinfachten Konzeptbewertung thermisch belasteter Komponenten in der Luft- und Raumfahrttechnik durchführen. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen zu Wärmetransport, Wärmeübergangskoeffizient, Erhaltungsgleichungen, dimensionslosen Kennzahlen<br>• Messprinzipien verschiedener Temperaturmessverfahren (z.B. Widerstandsthermometer, Thermoelemente, Thermalfarben, Temperatursensitive Farben, Thermochromatische Flüssigkristalle, Infrarot); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. Einbausituationen, Fehlerquellen) |

| | |
|---|---|
| | • Messprinzipien verschiedener Wärmeleitfähigkeitsmessverfahren (z.B. stationäre Verfahren, instationäre/transiente Verfahren)<br>• Messprinzipien verschiedener Wärmestrommessverfahren (z.B. Wand-Wärmestromsensoren, stationäre Verfahren, instationäre/ transiente Verfahren, Analogien); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. am Originalbauteil, an Modellen, stationär vs. rotierend, Postprocessing, Fehlerbetrachtungen)<br>• Wärmeübertragungsintensivierung durch Oberflächenvergrößerung, Analyse von Rippenanordnungen verschiedener Form, Wärmeabgabe durch Konvektion<br>• Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten, Strömung und Wärmeübergang in glatten und rauen Kanälen, Druckverlust und Wärmeübergang in berippten Kanälen, Zylinderanordnungen im Querstrom, Drallströmungen und Prallkühlung<br>• Erhöhung des Wärmetransports - Wärmerohr<br>• Wärmeübertragungsintensivierung bei Siedevorgängen |
| 14. Literatur: | Manuskript, Folien<br>Eckert & Goldstein: Measurements in Heat Transfer, 2nd Ed., 1976<br>Bernhard: Technische Temperaturmessung, 2004<br>Incropera & DeWitt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 1996<br>Tropea, Yarin & Foss: Handbook of Experimental Fluid Mechanics, Springer, 2007<br>Webb,R.L.: Principles of Enhanced Heat Transfer. John Wiley Sons, 1994<br>Han, Dutta, Ekkad: Gas Turbine Heat Transfer and Cooling Technology, Taylor and Francis, 2000<br>Weigand, B.: Turbinenschaufelkühlung, in: Lechler, Seume (Hrsg.): Stationäre Gasturbinen, Springer 2003 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 487201 Vorlesung Messverfahren des Wärmetransports<br>• 487202 Vorlesung Wärmeübertragungsintensivierung<br>• 487203 Seminar Wärmeübertragungsintensivierung<br>• 487204 Tutorium Wärmeübertragungsintensivierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Messverfahren des Wärmetransports, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Übungen: 17,5 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10,5 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Seminar (freiwillig): 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Gesamt: 171,5 h (Präsenzzeit 63 h, Selbststudium 108,5 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48721 Wärmetransportprozesse (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Folienpräsentation, Vorstellung Laborversuche, Anschauungsmaterial, Praxistermin |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45350 Wärmeübertragung in Turbomaschinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700180 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Nach Ankuendigung |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jens Wolfersdorf |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Grazia Lamanna |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen Wärmeübertragungsmechanismen in Turbomaschinen und Antriebssystemen.<br>• Die Studierenden verstehen die Methoden zur Kühlung von Turbomaschinen und wärmetechnischen Anlagen.<br>• Die Studierenden können die verschiedenen Wärmeübertragungseffekte in unterschiedlichen Anwendungen bewerten.<br>• Die Studierenden kennen Ansätze zur analytischen und numerischen Modellierung.<br>• Die Studierenden verstehen die Validierung numerischer Modelle. |
| 13. Inhalt: | • Erhaltungsgleichungen und Grenzschichtapproximationen<br>• Strömung und Wärmeübertragung in internen Strömungen<br>• Wärmeübertragung in kompressiblen Strömungen<br>• Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• Methoden zur Steigerung des Wärmetransports<br>• Wärmeübertragungsintensivierung durch Oberflächenvergrößerung<br>• Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten, Strömung und Wärmeübergang in glatten und rauen Kanälen, Druckverlust und Wärmeübergang in berippten Kanälen, Zylinderanordnungen im Querstrom, Drallströmungen und Prallkühlung<br>• Erhöhung des Wärmetransports - Wärmerohr<br>• Wärmeübertragungsintensivierung bei Siedevorgängen |
| 14. Literatur: | Skripte, Folien |

| | |
|---|---|
| | Kays, Crawford, Weigand: Convective Heat and Mass Transfer. McGraw Hill 2005<br>Lakshminarayana: Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery. Wiley, 1996<br>Webb, R. L.: Principles of Enhanced Heat Transfer. John Wiley Sons, 1994 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453501 Vorlesung Spezielle Probleme der Wärmeübertragung<br>• 453502 Seminar/Tutorium Spezielle Probleme der Wärmeübertragung<br>• 453503 Vorlesung Wärmeübertragungsintensivierung<br>• 453504 Seminar/Tutorium Wärmeübertragungsintensivierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Spezielle Probleme der Wärmeübertragung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Spezielle Probleme der Wärmeübertragung, Übungen: 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Übungen: 17,5 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10,5 h)<br>Gesamt: 192,5 h (Präsenzzeit 77 h, Selbststudium 115,5 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45351 Wärmeübertragung in Turbomaschinen (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45360 Wärmeübertragungsintensivierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700164 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jens Wolfersdorf |
| 9. Dozenten: | Jens Wolfersdorf |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen Kühlungsmethoden für Antriebs- und Energiesysteme.<br>• Die Studierenden verstehen die Methoden zur Intensivierung des Wärmetransports.<br>• Die Studierenden können thermische Analysen zur vereinfachten Konzeptbewertung thermisch belasteter Komponenten in der Luft- und Raumfahrttechnik durchführen. |
| 13. Inhalt: | • Wärmeübertragungsintensivierung durch Oberflächenvergrößerung , Analyse von Rippenanordnungen verschiedener Form, Wärmeabgabe durch Konvektion<br>• Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten, Strömung und Wärmeübergang in glatten und rauhen Kanälen, Druckverlust und Wärmeübergang in berippten Kanälen, Zylinderanordnungen im Querstrom, Drallströmungen und Prallkühlung<br>• Erhöhung des Wärmetransports - Wärmerohr<br>• Wärmeübertragungsintensivierung bei Siedevorgängen |
| 14. Literatur: | Manuskript, Folien<br>Webb, R. L.: Principles of Enhanced Heat Transfer. John Wiley & Sons, 1994<br>Han, Dutta, Ekkad: Gas Turbine Heat Transfer and Cooling Technology, Taylor and Francis, 2000<br>Weigand, B.: Turbinenschaufelkühlung, in: Lechler, Seume (Hrsg.): Stationäre Gasturbinen, Springer 2003 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453601 Vorlesung Wärmeübertragungsintensivierung |

| | |
|---|---|
| | • 453602 Seminar Wärmeübertragungsintensivierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Wärmeübertragungsintensivierung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Übungen: 17,5 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10,5 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Seminar (freiwillig): 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Gesamt: 87,5 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 52,5 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45361 Wärmeübertragungsintensivierung (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Folienpräsentation, Vorstellung Laborversuche |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# 210 Spezialisierungsrichtungen

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 211 | Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 212 | Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 213 | Informationstechnik in der LRT |
| 214 | Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 215 | Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 216 | Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 217 | Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 218 | Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |

# 217 Antriebs- und Energiesysteme in der LRT

Zugeordnete Module:
2171 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung
2172 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

# 2171 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module: 44290 Effiziente Energiewandlung

# Modul: 44290 Effiziente Energiewandlung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400002 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | • Stephan Staudacher<br>• Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Bereich Fluidenergiemaschinen:<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die in der Energiewandlung verwendeten Fluidenergiemaschinen<br>• Die Studierenden kennen die Vergleichsprozesses, Kennlinien und Kenngrößen von Fluidenergiemaschinen.<br>• Die Studierenden haben die Bauformen, Bauelemente und Einsatzbereiche der einzelnen Fluidenergiemaschinen verstanden.<br>Bereich Windenergie:<br>• Studierende erlangen Kenntnisse über die Grundlagen der Windenergienutzung insbes. durch netzgekoppelte Windenergieanlagen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage eine elementare Auslegung von Windenergieanlagen auszuführen unter der Berücksichtigung der lokalen Windpotenzials, des aerodynamischen, mechanischen und elektrischen Anlagenkonzepts sowie deren Regelung und Betrieb im elektrischen Netz.<br>• Ebenfalls können die Wirtschaftlichkeit sowie Aspekte der Energiepolitik und des Natur- u. Umweltschutzes beurteilt werden. |
| 13. Inhalt: | Grundlagen der Fluidenergiemaschinen:<br>• Begriffsdefinition, Vergleichsprozesse, Kenngrößen<br>• Strömungsmaschinen<br>• Verdrängungsmaschinen<br>• Kennlinien<br>• Bauformen und Bauelemente<br>• Einsatzgebiete<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |

| | |
|---|---|
| | Windenergienutzung I<br><br>• Einleitung, Historie & Potenziale,<br>• Windbeschreibung für Ertragsberechnung, Standortwahl und Windparkaspekte<br>• Typologie und Funktion von Windenergieanlagen<br>• Aerodynamische Auslegung und Blattelement-Impulstheorie<br>• Kennlinien und Leistungsbegrenzung,<br>• Konstruktiver Aufbau: 1. Mechanik, 2. Elektrisches System und Regelung,<br>• Dynamische Belastungen<br>• Offshore-Windenergieanlagen<br>• Wirtschaftlichkeit, Energiepolitische Fragen<br><br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen sowie der Hochlauf-versuch im Böenwindkanal angeboten bzw. durchgeführt. Die Bearbeitung der Hausübungen<br>sowie die Auswertung des Versuchs erfolgt in Kleingruppen und sind freiwillig. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Begleitbuch: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner, 6. Aufl. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442901 Vorlesung Grundlagen der Fluidenergiemaschinen<br>• 442902 Übung Grundlagen der Fluidenergiemaschinen<br>• 442903 Vorlesung Windenergienutzung I<br>• 442904 Übung Windenergienutzung I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Grundlagen der Fluidenergiemaschinen, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Windenergienutzung I (WEN I), Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44291 Effiziente Energiewandlung (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# 2172 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 29150 | Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks |
| 30880 | Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen |
| 30890 | Windenergie 4 - Windenergie-Projekt |
| 44030 | Wind Turbine Noise |
| 44110 | Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle |
| 44410 | Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken |
| 44520 | Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt |
| 44640 | Kompressible Strömungen I + II |
| 44670 | Konstruktion von Flugtriebwerken |
| 44850 | Messverfahren des Wärmetransports |
| 44990 | Profilentwurf |
| 45050 | Regelung von Gasturbinen |
| 45170 | Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen |
| 45200 | Sonderkreisläufe und Gasturbinenprozesse |
| 45310 | Turbomachinery |
| 45330 | Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt |
| 45340 | Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen |
| 45350 | Wärmeübertragung in Turbomaschinen |
| 45360 | Wärmeübertragungsintensivierung |
| 45380 | Werkstoffe für Turbomaschinen |
| 45420 | Windenergie 5 - Windenergie-Labor |
| 48690 | Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke |
| 48720 | Wärmetransportprozesse |
| 49030 | Staustrahl- und Kombinationsantriebe |
| 56290 | Schaufelkühlungsauslegung |
| 57980 | Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie |

# Modul: 44110 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110153 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | • Ulrich Rist<br>• Peter Gerlinger |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• ausgewählte Turbulenzmodelle und Transportgleichungsmodelle<br>• Large-Eddy Simulation und hybride Verfahren<br>• turbulente Mischung und Verbrennung<br>• Fragen der Validierung und Implementierung<br>• typische Anwendungsergebnisse |
| 13. Inhalt: | • algebraische Modelle<br>• Ein- und Zweigleichungsmodelle<br>• Reynolds-Stress-Modelle<br>• Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion<br>• Grobstruktursimulation |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>John L. Lumley, First Course of Turbulence |

| | |
|---|---|
| | Stephen B. Pope, Turbulent Flows<br><br>David C. Wilcox: Turbulence Modeling for CFD |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441101 Vorlesung Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle<br>• 441102 Tutorium Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 32 h)<br>Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle, Tutorium: 30 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 23 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44111 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 57980 Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400195 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | •<br>• Sebastian Hollmeier<br>• Frank Mösta |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Airline Operations (Blockveranstaltung,1 SWS):<br>• Die Studierenden kennen die verschiedenen Geschäftsmodelle von Fluglinien.<br>• Die Studierenden verstehen aktuelle Herausforderungen der Fluglinien<br>• Die Studierenden verstehen Preisgestaltung, Streckenangebot und die Beschaffung von Flugzeugen aus Sicht der Fluglinien<br>Aircraft Engine Business (Blockveranstaltung 1 SWS):<br>• Die Studierenden verstehen die ökonomischen Grundlagen der Triebwerksindustrie.<br>• Die Studierenden verstehen die Geschäftsmodelle der Triebwerksindustrie.<br>• Die Studierenden verstehen aktuelle Trends in der Triebwerksindustrie.<br>Business Simulation Luftfahrtindustrie (1 SWS, jedes Semester, Blockveranst.)<br>• Die Studierenden haben das Zusammenspiel von Passagierbedarf,<br>• Angebot der Fluglinien, Flugzeug- und Triebwerkshersteller in einem gegebenen Markt verstanden.<br>• Die Studierenden haben die Schwierigkeit erlebt Geschäftsentscheidungen zu treffen.<br>• Die Studierenden haben verschiedene Rollen in einem gegebenen Markt eingenommen. |
| 13. Inhalt: | Airline Operations (Blockveranstaltung,1 SWS): |

| | |
|---|---|
| | • Ökonomische Grundlagen für Fluglinien<br>• Auswahl von Strecken<br>• Auswahl von Flugzeugen<br>• Konkurrierende Geschäftsmodelle von Fluglinien<br>• Preiselastizität<br>• Revenue Management<br><br>Aircraft Engine Business (Blockveranstaltung 1 SWS):<br><br>• Markt und Marktsegmente von Triebwerken<br>• Business Case und Investitionsentscheidungen bei der Triebwerksentwicklung<br>• Zusammenspiel Fluzeug - Triebwerk<br>• Entwicklungsprogramm<br>• Bedeutung des Aftermarkets bei Flugtriebwerken<br><br>Business Simulation Luftfahrtindustrie (1 SWS, jedes Semester, Blockveranst.)<br><br>• Einführung in den Spielablauf<br>• Einnehmen der Rollen<br>• Durchspielen eines für die Luftfahrtindustrie typischen Zeitraumes<br>• Diskussion der Ergebnisse<br>• Diskussion der Entscheidungen der Marktteilnehmer<br>• Diskussion der Verhandlungen der Marktteilnehmer |
| 14. Literatur: | Foliensätze der Dozenten<br><br>Materialien zur Business Simulation<br><br>Holloway: „Straight and Level: Practical Airline Economics“, Ashgate (optional) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 579801 Vorlesung Airline Operations<br>• 579802 Vorlesung Aircraft Engine Business<br>• 579803 Seminar Business Simulation Luftfahrtindustrie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Airline Operations (Präsenzzeit: 14 hr, 31 hr Selbststudium)<br><br>Aircraft Engine Business (Präsenzzeit: 14 hr, 31 hr Selbststudium)<br><br>Business Simulation Luftfahrtindustrie (Präsenzzeit: 28 hr, 62 hr Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 57981 Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0, Klausur (je 30 Minuten) zu den Vorlesungen Airline Operations und Aircraft Engine Business Gewichtung: 50:50<br>• 57982 Betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftfahrtindustrie (USL), schriftliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44410 Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400117 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Stephan Staudacher |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I:<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die Forderungen der Luftfahrtzulassung.<br>• Die Studierenden verstehen die Auswirkungen der Luftfahrtanforderungen an die Festigkeitsauslegung.<br>• Die Studierenden verstehen die Hauptbelastungen.<br>• Die Studierenden kennen grundlegende Handrechenmethoden<br>• zur statischen Auslegung.<br>Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II:<br>• Studierende erlangen Kenntnisse über die Anwendung der Betriebsfestigkeit auf Flugtriebwerke.<br>• Die Studierenden kennen HCF, LCF.<br>• Die Studierenden kennen die notwendigen experimentellen Nachweise |
| 13. Inhalt: | **Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I:**<br>• EASA und FAA Anforderungen<br>• Redline Werte, Berstanforderungen<br>• Schaufelauslegung<br>• Schaufel - Scheibe - Verbindung<br>• Scheibenauslegung<br>• Gehäuse<br>• Schaufelverlust |

| | |
|---|---|
| | Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot): Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten.<br><br>**Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II:**<br>• High Cycle Fatigue, Low Cycle Fatigue<br>• Wöhler Linie<br>• Goodman, Soderberg Linien<br>• Zählverfahren, Walker Korrektur<br>• Kriechen, Erosion<br>• Thermomechanische Ermüdung<br>• Experimenteller Lebensdauernachweis<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |
| 14. Literatur: | Traupel: Thermische Turbomaschinen, Band II, Springer |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444101 Vorlesung Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I<br>• 444102 Übung Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I<br>• 444103 Vorlesung Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II<br>• 444104 Übung Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44411 Festigkeitsauslegung von Flugtriebwerken (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44520 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700201 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Rainer Walther |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Funktionsweise der Flugtriebwerks-Brennkammer und -Nachverbrennung.<br>• Die Studierenden verstehen die physikalisch-chemischen Ursachen der Schadstoffbildung.<br>• Die Studierenden kennen Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Schadstoffreduzierung. |
| 13. Inhalt: | • Brennkammern in Flugtriebwerken und ihre Funktionsweise<br>• Schadstoffbildung in Brennkammern<br>• Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung<br>• Atmosphärenwirkung luftfahrtbedingter Emissionen |
| 14. Literatur: | A. H. Lefebvre: Gas Turbine Combustion<br>D. L. Dagett et al.: Alternate Fuels for Use in Commercial Aircraft, ISABE-2007-1196 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 445201 Vorlesung Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 112 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 84 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44521 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44640 Kompressible Strömungen I + II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110101 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Nach Ankuendigung |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Uwe Gaisbauer |
| 9. Dozenten: | • Grazia Lamanna<br>• Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Thermodynamik, Strömungsmechanik |
| 12. Lernziele: | |
| 13. Inhalt: | - Thermodynamische Grundlagen<br>- Stationäre, kompressible, thermische Strömungen<br>- Verdichtungs- und Expansionsphänomene<br>- Kompressible Strömungen mit Energiezufuhr<br>- Beispiele an Düsen- und Turbineströmungen |
| 14. Literatur: | Skript, Folien, Pflichtlektüre |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446401 Vorlesung Kompressible Strömungen I<br>• 446402 Vorlesung Kompressible Strömungen II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kompressible Strömungen I, Vorlesung: 28h (Präsenzzeit 28h, Selbststudium 62h)<br>Compressible flows II, lecture: 28h (Präsenzzeit 28h, Selbststudium 62h)<br>Gesamt: 180h (Präsenzzeit 56h, Selbststudium 124h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44641 | Kompressible Strömungen I + II (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 44670 Konstruktion von Flugtriebwerken

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400116 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Stephan Staudacher |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Konstruktion von Flugtriebwerken I:**<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die Schritte bei der Triebwerkskonstruktion und die geforderten Genauigkeiten.<br>• Die Studierenden verstehen die Bedeutung einer Produktstruktur.<br>• Die Studierenden sind in der Lage ein Flugtriebwerk mit Gondel zu dimensionieren.<br>• Die Studierenden verstehen die wesentlichen Triebwerksarchitekturen.<br>• Die Studierenden kennen wesentliche Kennwerte.<br>**Konstruktion von Flugtriebwerken II:**<br>• Die Studierenden verstehen die Kraftflüsse in Triebwerken.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten Lageranordnungen.<br>• Die Studierenden verstehen die Detailkonstruktion der Module. |
| 13. Inhalt: | **Konstruktion von Flugtriebwerken I:**<br>• Anforderungen<br>• Entwicklungsprozess<br>• Produktstruktur, FAST, SOP<br>• Kreisprozesswahl, Kenngrößen<br>• Dimensionierende Größen der Module<br>• Kerntriebwerk, Gasgenerator, Architekturen<br>• Gondelauslegung<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten.<br><br>**Konstruktion von Flugtriebwerken II:**<br>• Kraftflüsse im Triebwerk |

| | |
|---|---|
| | • Lageranordnung<br>• Schubgeschirr, Pylon<br>• Wellenkonstruktion<br>• Ringraumdiagramm<br>• Detailauslegung Verdichter, Brennkammer, Turbine<br>• Ölsystem<br>• Luftsystem<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |
| 14. Literatur: | Bretschneider S.: Knowledge-Based Preliminary Design of Aero-Engine Gas-Generators, ISBN: 978-3-86624-517-4 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446701 Vorlesung Konstruktion von Flugtriebwerken I<br>• 446702 Übung Konstruktion von Flugtriebwerken I<br>• 446703 Vorlesung Konstruktion von Flugtriebwerken II<br>• 446704 Übung Konstruktion von Flugtriebwerken II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Konstruktion von Flugtriebwerken I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Konstruktion von Flugtriebwerken II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44671 Konstruktion von Flugtriebwerken (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48690 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400191 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Laura Vranos |
| 9. Dozenten: | Laura Vranos |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Vorlesung „Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen" (BSc.) |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden wissen, welche Informationen und Randbedingungen sie zur Modellbildung von Flugzeugtriebwerken benötigen. Sie können die wichtigsten Funktionen eines grafisch unterstützten Leistungssyntheseprogramms (Gasturb) eigenständig bedienen. Damit können sie ein Triebwerk auf gegebene Betriebsdaten hin auslegen und bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen nachrechnen. Die Studierenden können das Verhalten von Triebwerkskomponenten bewerten. |
| 13. Inhalt: | • Wiederholung der benötigten Grundlagen für Triebwerke<br>• Wiederholen einer Zyklusrechnung<br>• Stationäre Leistungsrechnung: Zweck, Grundlagen (Mittenschnittsrechnung), Aufbau (Rechenwege), Beispiele für verwendete Programme<br>• Turbomaschinenkennfelder und wichtige Kennfeldkorrekturen (Gamma, Reynolds, Spalt, Untwist, Instrumentierung...)<br>• Massenstromgleichgewicht, Schließbedingungen, Kennfeldskalierer<br>• Einarbeitung in Gasturb 10 von Joachim Kurzke (CIP-Pool)<br>• Generierung von Betriebsdaten (JetCat)<br>• Auslegung eines Triebwerks anhand gegebener Betriebsdaten (Design) |

| | |
|---|---|
| | • Nachrechnung eines Triebwerkmodells für verschiedene Betriebsbedingungen (Berechnung von Betriebslinien, Parameterstudie)<br>• Transiente Leistungsrechnung<br>• Seminarbegleitendes Lernen von physikalischen Zusammenhängen innerhalb von Triebwerken |
| 14. Literatur: | Kurzke, J.: Gasturb 12 Manual, 2012, http://www.gasturb.de/manual.html |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 486901 Projektseminar Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48691 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44850 Messverfahren des Wärmetransports

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700181 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rico Poser |
| 9. Dozenten: | Rico Poser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die theoretischen Grundlagen und Messprinzipien verschiedener Temperatur-, Wärmeleitfähigkeits- und Wärmestrommessverfahren.<br>• kennen die Bedeutung der wichtigsten dimensionslosen Kennzahlen und können mit deren Hilfe Versuche auslegen und planen.<br>• können geeignete Messverfahren für eine gestellte Messaufgabe hinsichtlich des Wärmetransports auswählen und sind in der Lage die gewonnenen Messdaten auszuwerten.<br>• kennen wichtige Einflussgrößen zur Messfehlerabschätzung. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen zu Wärmetransport, Wärmeübergangskoeffizient, Erhaltungsgleichungen, dimensionslosen Kennzahlen<br>• Messprinzipien verschiedener Temperaturmessverfahren (z.B. Widerstandsthermometer, Thermoelemente, Thermalfarben, Temperatursensitive Farben, Thermochromatische Flüssigkristalle, |

| | |
|---|---|
| | Infrarot); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. Einbausituationen, Fehlerquellen)<br>• Messprinzipien verschiedener Wärmeleitfähigkeitsmessverfahren (z.B. stationäre Verfahren, instationäre/transiente Verfahren)<br>• Messprinzipien verschiedener Wärmestrommessverfahren (z.B. Wand-Wärmestromsensoren, stationäre Verfahren, instationäre/ transiente Verfahren, Analogien); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. am Originalbauteil, an Modellen, stationär vs. rotierend, Postprocessing, Fehlerbetrachtungen) |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung (Entwurf)<br>Eckert & Goldstein: Measurements in Heat Transfer, 2nd Ed., 1976<br>Bernhard: Technische Temperaturmessung, 2004<br>Incropera & DeWitt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 1996<br>Tropea, Yarin & Foss: Handbook of Experimental Fluid Mechanics, Springer, 2007 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448501 Vorlesung Messverfahren des Wärmetransports |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44851 Messverfahren des Wärmetransports (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Folienpräsentation, Anschauungsmaterial, 1x Labortermin, 1x Praxistermin |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44990 Profilentwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110141 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Thorsten Lutz |
| 9. Dozenten: | Thorsten Lutz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen des Moduls „Aerodynamik und Flugzeugentwurf I" (060101001) |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können Profilpolaren lesen und interpretieren und kennen den Einfluss wesentlicher geometrischer und aerodynamischer Parameter auf die Polaren.<br>• Sie wissen wie sich durch Änderungen der Druckverteilung am Profil die aerodynamischen Eigenschaften beeinflussen lassen, zum Beispiel im Hinblick auf die Laminarhaltung oder die Vermeidung vonAblösungen.<br>• Sie kennen die wesentlichen Grundlagen und Anwendungsgrenzen eines Programms zum inversen Entwurf von Profilen und können das Programm zur zielgerichteten Entwicklung von Profilen für vorgegebene Aufgaben anwenden. |
| 13. Inhalt: | • Reibungsfreie und reibungsbehaftete Profilumströmung<br>• Lesen und Interpretieren von Profilpolaren<br>• Laminare und turbulente Profilgrenzschichten, Grenzschichtumschlag, laminare Ablöseblasen<br>• Grundlagen und Anwendung eines Profilentwurfsprogramms<br>• Auslegung von Laminarprofilen durch Gestaltung der Druckverteilung (laminarer Profilteil, Hauptdruckanstieg, Umschlagsrampen, Abbau von Saugspitzen) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Profilentwurfsprogramm<br>R. Eppler: Airfoil design and data |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449901 Vorlesung Profilentwurf<br>• 449902 Gruppenübung Profilentwurf<br>• 449903 Seminar Profilentwurf<br>• 449904 Individuelle Anleitung zum Profilentwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Profilentwurf, Vorlesung: 32 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 18 h)<br>Profilentwurf, Gruppenübungen: 12 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 5 h)<br>Profilentwurf, Seminar: 46 h (Präsenzzeit 21 h, Selbststudium 25 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 58 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44991 Profilentwurf (BSL), Sonstiges, 20 Min., Gewichtung: 1.0, benoteter Seminarvortrag (20 Minuten) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Programmanwendungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Aerodynamik und Gasdynamik |

# Modul: 45050 Regelung von Gasturbinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400115 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Wolfgang Berns |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen die notwendigen Grundlagen für die Regelung von Gasturbinen<br>• Die Studierenden verstehen die Anforderungen an die Regelung von Gasturbinen.<br>• Die Studierenden verstehen den Unterschied in den Anforderungen bei stationären und fliegenden Geräten.<br>• Die Studierenden kennen und verstehen das Regelungssystem stationärer Gasturbinen.<br>• Die Studierenden kennen und verstehen das Regelungssystem fliegender Gasturbinen.<br>• Die Studierenden verstehen die Prozessleittechnik stationärer Gasturbinen.<br>• Die Studierenden verstehen die Regelungstechnik fliegender Gasturbinen. |
| 13. Inhalt: | • Kurze Wiederholung Grundlagen Regelungstechnik<br>• Anforderungen an die Regelung von Behörden und Betreibern<br>• Aufgaben der Regelung |

| | |
|---|---|
| | • Wichtigste Regelkreise<br>• Verwendete Messtechnik<br>• Prozessleittechnikr |
| 14. Literatur: | Kulikov G., Thompson H.: Dynamic Modelling of Gas Turbines Springer |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450501 Vorlesung Regelung von Gasturbinen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45051 Regelung von Gasturbinen (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 56290 Schaufelkühlungsauslegung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700306 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | • Bernhard Weigand<br>• Sven Olaf Neumann<br>• Stefan Dahlke |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strömungslehre, Wärmeübertragung |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Möglichkeiten mit einer 1D Berechnung des Kühlmassenstroms einer Schaufel<br>• Die Studierenden kennen verschiedene Methoden zur Intensivierung des internen Wärmeübergangs<br>• Die Studierenden kennen den Einfluss der Filmkühlung<br>• Die Studierenden kennen den Einfluss einer keramischen Schutzschicht auf den Kühlmassenstrom<br>• Die Studierenden kennen den Designprozess zum Auslegen einer gekühlten Gasturbinenschaufel |
| 13. Inhalt: | Das Seminar besteht aus Vorträgen, die den Studierenden einen Überblick über die Schaufelkühlung verschaffen:<br>• Überblick über die 1D Auslegung des Kühlsystems einer Gasturbinenschaufel<br>• Designsysteme für Gasturbinenschaufeln in der Industrie<br>• Möglichkeiten der Intensivierung des internen Wärmeübergangs<br>• Filmkühlung<br>• Auslegungsgrenzen /Optimierung der Auslegung<br>• Anschließend legen die Studierenden (unter Betreuung) selbst ein Kühlungsdesign einer Gasturbinenschaufel aus. Die erhaltenen Ergebnisse und das erarbeitete Wissen werden durch einen Abschlussvortrag der gesamten Gruppe vorgetragen |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | B. Weigand: Turbinenschaufel - Kühlung. In: Lechner C, Seume J (eds): Stationäre Gasturbinen, Kap. 17, Springer, Berlin, 2. Auflage (2010), S. 609-636. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 562901 Seminar Schaufelkühlungsauslegung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 22h, Selbststudium 68h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 56291 Schaufelkühlungsauslegung (BSL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, Vortrag (ca. 20min) am Ende des Seminars |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45170 Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400114 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Stephan Staudacher |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I:<br>• Die Studierenden verstehen die ökonomische Bedeutung von Sicherheit und Zuverlässigkeit.<br>• Die Studierenden verstehen die Rolle der Behörden.<br>• Die Studierenden verstehen Produkthaftung und deren Auswirkung auf die Tätigkeit der Ingenieure.<br>• Die Studierenden verstehen die grundlegende Problematik von Sicherheit und Zuverlässigkeit als ein stochastisches Problem.<br>• Die Studierenden können statistische Methoden auf die Auslegung von Gasturbinenanlagen übertragen.<br>Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II:<br>• Studierende verstehen Fehlerbäume.<br>• Die Studierenden verstehen eine FMEA.<br>• Die Studierenden sind in der Lage Wahrscheinlichkeiten zu schätzen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage das gelernte auf einfache Fälle bei Gasturbinenanlagen anzuwenden. |
| 13. Inhalt: | Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I:<br>• EASA und FAA Anforderungen<br>• Life Cycle Costing der Betreiber<br>• Produkthaftung, Fahrlässigkeit, Haftung<br>• Verantwortung als Führungskraft<br>• Wahrscheinlichkeitsverteilungen und deren Anwendung auf Gasturbinenanlagen<br>• Auswirkung von Produktion und Montage<br>• Rolle des Qualitätsmanagements |

| | |
|---|---|
| | • Einfache Beispiele aus der Praxis<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten.<br>Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II:<br>• Fehlerbäume<br>• FMEA<br>• Fußangeln bei der Anwendung der Methoden<br>• Möglichkeiten der Überprüfung der Ergebnisse<br>• Anwendung auf Bauteile, Baugruppen und Gesamtsysteme<br>• Experimenteller Nachweis<br>• Wartung, Wartungshandbücher<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |
| 14. Literatur: | Modarres M., Kaminskiy M., Krivtsov V.: Reliability Engineering and Risk Analysis<br>CRC Press |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 451701 Vorlesung Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I<br>• 451702 Übung Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I<br>• 451703 Vorlesung Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II<br>• 451704 Übung Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45171 Sicherheit und Zuverlässigkeit von Gasturbinenanlagen (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45200 Sonderkreisläufe und Gasturbinenprozesse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Klaus Kuhn |
| 9. Dozenten: | • Hartmut Griepentrog<br>• Klaus Kuhn |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können die Besonderheiten des Gasturbinenprozesses sowie von ausgewählten Sonderkreisläufen erklären.<br>• Die Studierenden verstehen verschiedene Wirkungsgraddefinitionen und deren Auswirkung auf die Kreislaufoptimierung.<br>• Die Studierenden verstehen den Einfluss wichtiger Prozessparameter inklusive Kühlung und Materialwahl.<br>• Die technische Umsetzung der Prozesse kann abgeschätzt werden.<br>• Sonderanwendungen, der Einsatz von Turbomaschinen in regenerativen Energien, die Kombination mit anderen Prozessen kann beurteilt werden.<br>• Die Studierenden verstehen die Herausforderungen bei der Anlagenoptimierung auch vor dem Hintergrund des Betriebsverhaltens.<br>• Der Einfluss des Arbeitsmediums ist bekannt.<br>• Die Studierenden verstehen die speziellen Fragestellungen bei der Miniaturisierung von Anlagen. |
| 13. Inhalt: | Gasturbinenprozesse:<br>• Begriffsdefinition, Carnotprozess, Jouleprozess, Ericsonprozess<br>• Wirkungsgraddefinitionen, Entropie, Exergie<br>• Kreislaufoptimierung<br>• Einfluss der Prozessparameter<br>• Kombination von Prozessen<br>• Einsatzgebiete<br>• Technische Realisierung |

| | |
|---|---|
| | Sonderkreisläufe:<br>• Sonderanwendungen von Turbomaschinen<br>• Turbomaschinen und regenerative Energien<br>• Anlagenoptimierung<br>• Betriebsverhalten<br>• Einfluss des Gases (ideal, real, verschiedene Gase)<br>• Beispiel: LNG Verdampfung<br>• Miniaturisierung von Strömungsmaschinen<br>• Skalierung der Miniaturmaschinen<br>• Beispiel: Turbolader |
| 14. Literatur: | Fister W.: Fluidenergiemaschinen, Band I, Band II Springer Verlag |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 452001 Vorlesung Gasturbinenprozesse<br>• 452002 Vorlesung Sonderkreisläufe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Gasturbinenprozesse, Vorlesung: 46 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 32 h)<br>Sonderkreisläufe, Vorlesung: 44 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 30 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45201 Sonderkreisläufe und Gasturbinenprozesse (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49030 Staustrahl- und Kombinationsantriebe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400301 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Leitner |
| 9. Dozenten: | • Manfred Zippel<br>• Markus Leitner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der verschiedenen luftatmenden Antriebssysteme.<br>• Die Studierenden können die Besonderheiten eines Staustrahlantriebs erklären.<br>• Die Studierenden verstehen die Bedeutung der relevanten Ähnlichkeitsparameter und Gasdynamischen Funktionen.<br>• Die Studierenden können eine erste grundlegende Auslegung für einen Staustrahlantrieb mit Unterschallverbrennung durchführen.<br>• Die Studierenden können eine vergleichende Bewertung von verschiedenen Konzepten für den Überschallflug durchführen.<br>• Die Studierenden kennen die grundlegenden Unterschiede zwischen einem Ramjet und einem Scramjet |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen und Anwendungen der Staustrahlantriebe<br>• Komponenten der Staustrahlantriebe:Einlauf, Brennkammer, Schubdüse<br>• Herleitung und Anwendung eines einfachen Auslegungsverfahrens für einen Staustrahlantrieb mit Unterschallverbrennung<br>• Vergleich verschiedener Bauarten und Auslegungsformen<br>• Kombinationsantriebe für Raumtransportsysteme |
| 14. Literatur: | Vorlesungsskript „Staustrahl- u. Kombinationsantriebe"<br>Müller R.: Luftstrahltriebwerke, Grundlagen, Charakteristiken, Arbeitsverhalten<br>Vieweg Verlag |

| | |
|---|---|
| | Seddon J. and Goldsmith E.L.: Intake Aerodynamics<br>AIAA Education Series<br>Urlaub A.: Flugtriebwerke, Grundlagen, Systeme, Komponenten<br>Springer Verlag<br>Braig, Zippel: Einsatz von Zweistrom-Staustrahl-Kombinationstriebwerken zum Antrieb von Hyperschall-Flugzeugen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 490301 Vorlesung Staustrahl- und Kombinationsantriebe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Staustrahl- und Kombinationsantriebe, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49031 Staustrahl- und Kombinationsantriebe (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45310 Turbomachinery

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Martin Rose |
| 9. Dozenten: | Martin Rose |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Turbomachinery I<br>The students will be introduced to the whole topic of turbomachinery; turbines<br>and compressors, radial and axial flow. Aero gas turbines will be a central theme.<br>An appreciation of the techniques of design and analysis will be gained. The nondimensional<br>groups used to express the design choices will be studied and the emphasis will be put on efficiency and loss. A brief overview of turbomachinery in<br>renewable energy is included.<br>Turbomachinery II:<br>• This course will take a deeper look at turbomachinery<br>• Design issues will be emphasised; from preliminary through to unconventional topics like end wall profiling.<br>• Detailed topics will include use of CFD in turbomachinery and turbine cooling.<br>• Instability and unsteadiness will be addressed |
| 13. Inhalt: | Turbomachinery I:<br>• Dimensional analysis & Velocity triangles<br>• Thermo-fluids and Aerofoils<br>• Meanline analysis & Loss<br>• Axial Turbine design & analysis<br>• Axial & Radial compressor design<br>• Turbomachinery in Renewable Energy |

| | |
|---|---|
| | Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten.<br>Turbomachinery II:<br>• Preliminary & Aerofoil design consideration<br>• Conventional 3D & Tip Design<br>• Unconventional 3D Design<br>• Turbine Cooling introduction & overview<br>• CFD in turbine design; equations, solution, interpretation & future.<br>• Unsteadiness & Instability in Turbomachinery<br>- 280 -<br>• Experimental work in turbomachinery<br>Übung und Versuch (freiwilliges Zusätzliches Angebot):<br>Es werden 4 Hörsaal- und Hausübungen angeboten. |
| 14. Literatur: | Wilson D. G., Korakianitis T.:<br>The Design of High - Efficiency Turbomachinery and Gas Turbines<br>Prentice Hall |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453101 Vorlesung Turbomaschinen I<br>• 453102 Übung Turbomaschinen I<br>• 453103 Vorlesung Turbomaschinen II<br>• 453104 Übung Turbomaschinen II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Turbomachinery I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Turbomachinery II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45311 Turbomachinery (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45330 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700200 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Rainer Walther |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Funktionsweise der Flugtriebwerks-Brennkammer und -Nachverbrennung<br>• Die Studierenden verstehen die physikalisch-chemischen Ursachen der Schadstoffbildung<br>• Die Studierenden kennen Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Schadstoffreduzierung<br>• Die Studierenden können die aerothermodynamischen Eigenschaften von Strömungen mit Wärmefreisetzung bewerten |
| 13. Inhalt: | • Brennkammern in Flugtriebwerken und ihre Funktionsweise<br>• Schadstoffbildung in Brennkammern<br>• Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung<br>• Atmosphärenwirkung luftfahrtbedingter Emissionen<br>• Strömungen mit Wärmefreisetzung, Beispiele von Staustrahlantrieben<br>• Alternative Brennstoffe |
| 14. Literatur: | A.H. Lefebvre: Gas Turbine Combustion<br>E. Curran, S.N.B. Murthy: Scramjet Propulsion |

| | |
|---|---|
| | R. Walther: Scramjet-Propulsion: Alte Herausforderung im neuen Jahrhundert?<br>DGLR-Jahrestagung 2004<br>D.L. Dagett et al.: Alternate Fuels for Use in Commercial Aircraft, ISABE-2007-1196 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453301 Vorlesung Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I<br>• 453302 Vorlesung Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I, Vorlesung: 112 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 84 h)<br>Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt II, Vorlesung: 56 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 42 h)<br>Gesamt: 168 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 126 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45331 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45340 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Klaus Kuhn |
| 9. Dozenten: | Klaus Kuhn |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen das Zusammenspiel der Versuche während des<br>Triebwerks- und Komponentenentwicklungs-programms.<br>• Die Studierenden verstehen den komplexen Begriff der ``compliance´´.<br>• Die Studierenden verstehen welche Größen an den Versuchsträgern während<br>der Entwicklung gemessen werden.<br>• Sie verstehen die Zielsetzung dieser Messungen an Hand von Beispielen.<br>• Die Studierenden kennen die Instrumentierung in Gasturbinen.<br>• Der Aufbau und die Funktionsweise von Prüfständen sind bekannt.<br>• Die Studierenden kennen die Messungen am Triebwerk im Rahmen des Flugversuches. |
| 13. Inhalt: | Compliance mittels eines Triebwerksentwicklungsprogramms und Komponentenentwicklungsprogramms |

| | |
|---|---|
| | • Compliance im Flugversuch<br>• Instrumentierung der Versuchsträger<br>• Messverfahren zur Bestimmung der Strömungsgrößen in Turbomaschinen<br>• Schub- und Durchsatzmessung<br>• Vermessung von Düsenkoeffizienten<br>• Traversiermessungen mit Sonden, Rechen und Verstelleinrichtungen<br>• Messunsicherheit und deren Konsequenz<br>• Aufbau und Betrieb von Prüfständen für Gasturbinen und deren Komponenten<br>• Messungen am Triebwerk im Flugversuch<br>• Umsetzung einer Messaufgabe am Kleinverdichterprüfstand |
| 14. Literatur: | Prüfstände im Triebwerksbau, K. Kuhn , Institut für Luftfahrtantriebe.<br>Untersuchung der Aerothermodynamik von Verdichter, Brennkammer und<br>Turbine, K. Kuhn, Institut für Luftfahrtantriebe |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453401 Vorlesung Versuchs- und Messtechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45341 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45380 Werkstoffe für Turbomaschinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400111 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Alexander Fels |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen den Einfluss von Legierungselementen auf die Werkstoffeigenschaften<br>• Die Studierenden haben einen Einblick in die Herstellungsprozesse moderner Werkstoffe.<br>• Die Studierenden haben einen Einblick in die Rohstoffwirtschaft und die Werkstoffentwicklung.<br>• Sie kennen Schadensgruppen und Schadensursachen.<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die Methoden der Werkstoffprüfung.<br>• Die Studierenden kennen mikroskopische Prüfverfahren und die damit verbundenen Präparationsmethoden.<br>• Die Studierenden verstehen die modulare Schadensuntersuchung. |
| 13. Inhalt: | • Wichtige Elemente des Periodensystems und ihre Eigenschaften<br>• Stahlveredler<br>• Leichtmetalle, Schwermetalle und Edelmetalle<br>• Alkalien, Erdalkalien, seltene Erden und Actiniden<br>• Konstruktionswerkstoffe<br>• Herstellungsprozesse, Rohstoffwirtschaft, Werkstoffentwicklung<br>• Konstruktion und Festigkeitsauslegung von Messrechen<br>• Werkstoff- und Bauteilschäden, Werkstoffzustände<br>• Bauteil und Werkstoffprüfung<br>• Werkstoffgefüge<br>• Lichtmikroskopie, Elektronenmikroskopie, Präparationsmethoden<br>• Strukturanalyse und Gefügeauswertung<br>• Modulare Schadensuntersuchung |

| | |
|---|---|
| | • Beispiele und Übungen |
| 14. Literatur: | Bargel, H. & Schulze. G. (2008): Werkstoffkunde. - 10. Aufl., 453 S., Berlin<br>(Springer)<br>Läpple, V. et al. (2011): Werkstofftechnik Maschinenbau. - 3. Aufl., 704 S. mit CD-ROM, Stuttgart (Europa-Lehrmittel Verlag) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453801 Vorlesung Das Periodensystem als Werkstoffbaukasten<br>• 453802 Vorlesung Praxis der Werkstoffuntersuchung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Das Periodensystem als Werkstoffbaukasten: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Praxis der Werkstoffuntersuchung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45381 Werkstoffe für Turbomaschinen (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44030 Wind Turbine Noise

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110143 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Thorsten Lutz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • The students know the different noise sources of modern wind turbines and the physical mechanisms of the noise contributions.<br>• They are familiar the state-of-the-arts prediction methods, from efficient industry models to costly numerical methods, as well as the limitations and limits of applicability of the approaches.<br>• The students are familiar with techniques to reduce the different noise contributions and have basic knowledge about low noise wind turbine blade design |
| 13. Inhalt: | • Introduction to wind energy, current problems, noise regulations, necessity of noise reduction & design concepts<br>• Basics of aeroacoustics, sound and noise, governing equations of aerodynamics & aeroacoustics, solutions methods<br>• Noise mechanisms of wind turbine, low frequency noise, turbulent inflow noise, tip noise, boundary-layer separation noise, bunt-trailing edge noise & turbulent boundary-layer trailing-edge interaction noise<br>• Basics of airfoil aerodynamics, definition of different aerodynamics parameters, turbulent boundary-layer theory, overview about numerical prediction methods e.g. DNS, RANS, LES<br>• Wind turbine noise prediction methods, state of the art, empirical/ semiempirical models, simplified theoretical models, overview on CAA & hybrid-CAA methods<br>• Noise reduction and aeroacoustics blade design concepts, an example problem definition and solution |
| 14. Literatur: | Powerpoint Folien |

| | |
|---|---|
| | Berechnungsprogramm IAGNoise GUI<br>Berechnungsprogramm XFOIL<br>S. Wagner, R. Bareiss, G. Guidati: Wind Turbine Noise |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440301 Vorlesung Akustik von Windenergieanlagen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44031 Wind Turbine Noise (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Programmanwendungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Aerodynamik und Gasdynamik |

# Modul: 29150 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320012 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie |
| 12. Lernziele: | After attending the class the students should have the basic technical understanding for the planning and realization of a wind park and the necessary knowledge on the regulatory, economic and environmental issues related to the construction and operation of wind farms. |
| 13. Inhalt: | • Preliminary site assessment<br>• Extreme wind distribution<br>• Wake models for loads and park efficiency<br>• Site specific load assessment<br>• Environmental impact (noise, shadow)<br>• Onshore: foundation and logistics<br>• Grid connection and integration<br>• Reliability of wind turbines<br>• Load monitoring of wind turbine components<br>• Offshore wind energy |
| 14. Literatur: | • PowerPoint slides available in ILIAS<br>• classroom exercise material available in ILIAS<br>• text book: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner<br>• http://www.wind-energie.de/infocenter/technik |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 291501 Vorlesung Windenergie II<br>• 291502 Übung Windenergie II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Time of lecture attendance: 28 hours<br>Self-study time for lectures: 62 hours<br>Time of classroom exercise attendance : 16 hours<br>Self-study time for exercises: 74 hours |

| | |
|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 29151 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint slides and blackboard |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 30880 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320013 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie |
| 12. Lernziele: | - Die Studierenden verfügen über das Systemverständnis einer gesamten Windenergieanlage (WEA).<br>- Sie können numerisch und experimentell Belastungen an Windenergieanlagen ermitteln.<br>- Sie können Bemessungsverfahren zur Auslegung der wichtigsten Komponenten und des Gesamtsystems anwenden.<br>- Die Studierenden sind in der Lage kommerzielle Simulationsprogramme wie Bladed und Simpack am Beispiel einer typischen Multi-MW Windenergieanlage anzuwenden. |
| 13. Inhalt: | Entwurf von Windenergieanlagen<br>- Auslegungsmethodik & Richtlinien<br>- Windfeldmodellierung (Begriffe,<br>- Turbulenzmodellierung, Extremereignisse)<br>- Dynamik des Gesamtsystems (Campbell-Diagramm, Simulation, Strukturdynamik, Modellierung, Messtechnik)<br>- Blattentwurf mit Nachlaufdrall |

| | |
|---|---|
| | - Blattelement-Impulstheorie (BEM-Algorithmus, empirische Korrekturen, dynamische Effekte, Schräganströmung)<br>- Offshore-Umgebungsbedingungen (Wind, Wellen, Strömung, Eis) und Bodenbedingungen<br>- Hydrodynamische Belastungen<br>- Dynamik des Gesamtsystems<br>- Regelung und Betriebsführung<br>- Lastfälle und Nachweise nach IEC 61400-1 ed. 2 (Auslegungsprozess, Lastfälle und Nachweise)<br>- Messung von Belastungen und Leistung nach IEC 61400-12/-13 am Beispiel<br>- Betriebsfestigkeit (Nachweiskonzepte für WEA, Rainflow, Palmgren-Miner, schädigungs-äquivalente Lasten, Lastverweildauer)<br>- Auslegung von WEA-Komponenten (Turm, Nabe, Blatt, maschinenbauliche Komponenten)<br>- Software(Simpack): Einführung in Benutzung der Programme und die Grundlagen aeroelastischer Berechnungen bzw. Mehr-körpersimulation<br><br>Übung und Seminar<br>• Es werden Hörsaalübungen sowie Simulationsseminar angeboten bzw. durchgeführt. |
| 14. Literatur: | - Vorlesungsfolien im ILIAS<br>- Übungsblätter im ILIAS<br>- Windkraftanlagen (R. Gasch, J. Twele)<br>- Wind Energy Explained: Theory, Design and Application (James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 308801 Vorlesung Entwurf von Windenergieanlagen I (WEA I)<br>• 308802 Übung Entwurf von Windenergieanlagen I (WEA I) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit Entwurf von Windenergieanlagen I, Vorlesung: 24 Stunden<br>Selbststudium Entwurf von Windenergieanlagen I , Vorlesung: 62 Stunden<br>Präsenzzeit Entwurf von Windenergieanlagen I, Übung: 8 Stunden<br>Selbststudium Entwurf von Windenergieanlagen I , Übung: 70 Stunden<br><br>Präsenzzeit Simulationseminar: 8 Stunden<br><br>Selbststudium Simulationseminar: 8 Stunden<br>Summe: 180 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 30881 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | 30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320014 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie<br>060320013 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen |
| 12. Lernziele: | - Die Studierenden können in Teamarbeit ein Projekt entwickeln, das die Anforderungen eines praxisnahen Produktentwicklungsprozesses erfüllt.<br><br>- Die Studierenden sind in der Lage einen industrienahen Entwicklungsprozess beispielhaft und in den wesentlichen Elementen umzusetzen.<br><br>- Das theoretische Wissen das in den Modulen Windenergie 1 und Windenergie 3 erworben wurde, setzen die Studierenden in Teamarbeit praktisch um. Sie sind damit in der Lage ihre Entwurfsentscheidungen zu reflektieren und ingenieurwissenschaftlich zu untermauern. |
| 13. Inhalt: | Entwurf von Windenergieanlagen II<br>- Teambildung, Ressourcenverteilung, Projektplanung<br>- Marktdefinition & Festlegen von Standortbedingungen<br>- Definition des Pflichtenhefts<br>- Aerodynamische Rotorauslegung und Anlagenregelung<br>- Konzeptionierung und Layout<br>- Analyse der Wirtschaftlichkeit und Kostenmodellierung<br><br>- Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse |
| 14. Literatur: | - Unterlagen zur Vorlesung<br>- Übung unter ILIAS<br>- Begleitbuch: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner, 6. Aufl.<br>- http://www.wind-energie.de/infocenter/technik |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 308901 Vorlesung Entwurf von Windenergieanlagen II (WEA II) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit Entwurf von Windenergieanlagen II, Vorlesung: 20 Stunden<br>Selbststudium Entwurf von Windenergieanlagen II , Vorlesung: 160 Stunden<br><br>Summe: 180 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 30891 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt (PL), Sonstiges, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Gruppenarbeit |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 45420 Windenergie 5 - Windenergie-Labor

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320015 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | • Martin Hofsäß<br>• Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verfügen über das Systemverständnis einer gesamten Windenergieanlage (WEA).<br>• Sie lernen anhand von praxisnahen Experimenten den direkten Zusammenhang zwischen theoretischer Grundlagen, messtechnischen Größen, Auswertung und Analyse kennen.<br>• Sie verfügen über messtechnische Grundkenntnisse hinsichtlich Dehnungsmesstreifen, Strom, Spannung, Beschleunigung und Schall.<br>• Sie können experimentell Belastungen (Kräfte und Momente), elektrische Eigenschaften sowie Schallausbreitung an Windenergieanlagen ermitteln.<br>• Sie können ihre Auswerteschritte und Ergebnisse vor der Gruppe präsentieren und die einzelnen Rechenwege reflektieren und diskutieren |
| 13. Inhalt: | Alternierend finden theoretische Vorlesungen und praktische Experimente in<br>verschiedenen Laborversuchen anhand einer Klein-Windenergieanlage zu<br>folgenden Themen statt:<br>• Leistungskurvenmessung<br>• Fehlerrechnung<br>• Experimentelle Strukturanalyse eines Rotorblattes (statische und dynamische Belastungstests)<br>• Generatorkennlinie<br>• Leistungsbegrenzung und Leistungsregelung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Übung unter ILIAS<br>Begleitbuch: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner<br>http://www.wind-energie.de/de/technik/ |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 454201 Vorlesung Windenergie 5 - Windenergie-Labor |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |

| | |
|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 45421 Windenergie 5 - Windenergie-Labor (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), mündliche Prüfung |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48720 Wärmetransportprozesse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700165 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 4.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jens Wolfersdorf |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Rico Poser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die theoretischen Grundlagen und Messprinzipien verschiedener Temperatur-, Wärmeleitfähigkeits- und Wärmestrommessverfahren.<br>• kennen die Bedeutung der wichtigsten dimensionslosen Kennzahlen und können mit deren Hilfe Versuche auslegen und planen.<br>• können geeignete Messverfahren für eine gestellte Messaufgabe hinsichtlich des Wärmetransports auswählen und sind in der Lage die gewonnenen Messdaten auszuwerten.<br>• kennen wichtige Einflussgrößen zur Messfehlerabschätzung.<br>• kennen Kühlungsmethoden für Antriebs- und Energiesysteme.<br>• verstehen die Methoden zur Intensivierung des Wärmetransports.<br>• können thermische Analysen zur vereinfachten Konzeptbewertung thermisch belasteter Komponenten in der Luft- und Raumfahrttechnik durchführen. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen zu Wärmetransport, Wärmeübergangskoeffizient, Erhaltungsgleichungen, dimensionslosen Kennzahlen<br>• Messprinzipien verschiedener Temperaturmessverfahren (z.B. Widerstandsthermometer, Thermoelemente, Thermalfarben, Temperatursensitive Farben, Thermochromatische Flüssigkristalle, Infrarot); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. Einbausituationen, Fehlerquellen) |

| | |
|---|---|
| | • Messprinzipien verschiedener Wärmeleitfähigkeitsmessverfahren (z.B. stationäre Verfahren, instationäre/transiente Verfahren)<br>• Messprinzipien verschiedener Wärmestrommessverfahren (z.B. Wand-Wärmestromsensoren, stationäre Verfahren, instationäre/ transiente Verfahren, Analogien); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. am Originalbauteil, an Modellen, stationär vs. rotierend, Postprocessing, Fehlerbetrachtungen)<br>• Wärmeübertragungsintensivierung durch Oberflächenvergrößerung, Analyse von Rippenanordnungen verschiedener Form, Wärmeabgabe durch Konvektion<br>• Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten, Strömung und Wärmeübergang in glatten und rauen Kanälen, Druckverlust und Wärmeübergang in berippten Kanälen, Zylinderanordnungen im Querstrom, Drallströmungen und Prallkühlung<br>• Erhöhung des Wärmetransports - Wärmerohr<br>• Wärmeübertragungsintensivierung bei Siedevorgängen |
| 14. Literatur: | Manuskript, Folien<br>Eckert & Goldstein: Measurements in Heat Transfer, 2nd Ed., 1976<br>Bernhard: Technische Temperaturmessung, 2004<br>Incropera & DeWitt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 1996<br>Tropea, Yarin & Foss: Handbook of Experimental Fluid Mechanics, Springer, 2007<br>Webb,R.L.: Principles of Enhanced Heat Transfer. John Wiley Sons, 1994<br>Han, Dutta, Ekkad: Gas Turbine Heat Transfer and Cooling Technology, Taylor and Francis, 2000<br>Weigand, B.: Turbinenschaufelkühlung, in: Lechler, Seume (Hrsg.): Stationäre Gasturbinen, Springer 2003 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 487201 Vorlesung Messverfahren des Wärmetransports<br>• 487202 Vorlesung Wärmeübertragungsintensivierung<br>• 487203 Seminar Wärmeübertragungsintensivierung<br>• 487204 Tutorium Wärmeübertragungsintensivierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Messverfahren des Wärmetransports, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Übungen: 17,5 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10,5 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Seminar (freiwillig): 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Gesamt: 171,5 h (Präsenzzeit 63 h, Selbststudium 108,5 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48721 Wärmetransportprozesse (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Folienpräsentation, Vorstellung Laborversuche, Anschauungsmaterial, Praxistermin |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45350 Wärmeübertragung in Turbomaschinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700180 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Nach Ankuendigung |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jens Wolfersdorf |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Grazia Lamanna |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen Wärmeübertragungsmechanismen in Turbomaschinen und Antriebssystemen.<br>• Die Studierenden verstehen die Methoden zur Kühlung von Turbomaschinen und wärmetechnischen Anlagen.<br>• Die Studierenden können die verschiedenen Wärmeübertragungseffekte in unterschiedlichen Anwendungen bewerten.<br>• Die Studierenden kennen Ansätze zur analytischen und numerischen Modellierung.<br>• Die Studierenden verstehen die Validierung numerischer Modelle. |
| 13. Inhalt: | • Erhaltungsgleichungen und Grenzschichtapproximationen<br>• Strömung und Wärmeübertragung in internen Strömungen<br>• Wärmeübertragung in kompressiblen Strömungen<br>• Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• Methoden zur Steigerung des Wärmetransports<br>• Wärmeübertragungsintensivierung durch Oberflächenvergrößerung<br>• Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten, Strömung und Wärmeübergang in glatten und rauen Kanälen, Druckverlust und Wärmeübergang in berippten Kanälen, Zylinderanordnungen im Querstrom, Drallströmungen und Prallkühlung<br>• Erhöhung des Wärmetransports - Wärmerohr<br>• Wärmeübertragungsintensivierung bei Siedevorgängen |
| 14. Literatur: | Skripte, Folien |

| | |
|---|---|
| | Kays, Crawford, Weigand: Convective Heat and Mass Transfer. McGraw Hill 2005<br>Lakshminarayana: Fluid Dynamics and Heat Transfer of Turbomachinery. Wiley, 1996<br>Webb, R. L.: Principles of Enhanced Heat Transfer. John Wiley Sons, 1994 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453501 Vorlesung Spezielle Probleme der Wärmeübertragung<br>• 453502 Seminar/Tutorium Spezielle Probleme der Wärmeübertragung<br>• 453503 Vorlesung Wärmeübertragungsintensivierung<br>• 453504 Seminar/Tutorium Wärmeübertragungsintensivierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Spezielle Probleme der Wärmeübertragung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Spezielle Probleme der Wärmeübertragung, Übungen: 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Übungen: 17,5 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10,5 h)<br>Gesamt: 192,5 h (Präsenzzeit 77 h, Selbststudium 115,5 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45351 Wärmeübertragung in Turbomaschinen (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45360 Wärmeübertragungsintensivierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700164 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jens Wolfersdorf |
| 9. Dozenten: | Jens Wolfersdorf |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen Kühlungsmethoden für Antriebs- und Energiesysteme.<br>• Die Studierenden verstehen die Methoden zur Intensivierung des Wärmetransports.<br>• Die Studierenden können thermische Analysen zur vereinfachten Konzeptbewertung thermisch belasteter Komponenten in der Luft- und Raumfahrttechnik durchführen. |
| 13. Inhalt: | • Wärmeübertragungsintensivierung durch Oberflächenvergrößerung , Analyse von Rippenanordnungen verschiedener Form, Wärmeabgabe durch Konvektion<br>• Erhöhung des Wärmeübergangskoeffizienten, Strömung und Wärmeübergang in glatten und rauhen Kanälen, Druckverlust und Wärmeübergang in berippten Kanälen, Zylinderanordnungen im Querstrom, Drallströmungen und Prallkühlung<br>• Erhöhung des Wärmetransports - Wärmerohr<br>• Wärmeübertragungsintensivierung bei Siedevorgängen |
| 14. Literatur: | Manuskript, Folien<br>Webb, R. L.: Principles of Enhanced Heat Transfer. John Wiley & Sons, 1994<br>Han, Dutta, Ekkad: Gas Turbine Heat Transfer and Cooling Technology, Taylor and Francis, 2000<br>Weigand, B.: Turbinenschaufelkühlung, in: Lechler, Seume (Hrsg.): Stationäre Gasturbinen, Springer 2003 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453601 Vorlesung Wärmeübertragungsintensivierung |

| | |
|---|---|
| | • 453602 Seminar Wärmeübertragungsintensivierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Wärmeübertragungsintensivierung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Übungen: 17,5 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10,5 h)<br>Wärmeübertragungsintensivierung, Seminar (freiwillig): 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Gesamt: 87,5 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 52,5 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45361 Wärmeübertragungsintensivierung (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Folienpräsentation, Vorstellung Laborversuche |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# 216 Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 2161 | Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung |
| 2162 | Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung |
| 57160 | Strukturdynamik |
| 57170 | Einführung in die Finite Elemente Methode |

# Modul: 57170 Einführung in die Finite Elemente Methode

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br><br>• kennen die wichtigsten theoretischen Grundlagen zur Modellierung mechanischer Strukturen mit Finiten Elementen,<br>• können die Gleichgewichtsbedingungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen, lösen und auswerten. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | - Grundlagen und Anwendungen von Finite-Elemente-Modellen,<br>- Stab-, Balken- und Stab-Balken-Element,<br>- Thermische Lasten und Vorspannung,<br>- Elemente aus Mehrkörpersystemen,<br>- Koordinatentransformationen bei Finiten Elementen,<br>- Zusammenstellung von Gesamtmodellen,<br>- Nachlaufrechnung. |
| 14. Literatur: | • Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 2002<br>• Munz, C.-D.; Westermann, T.: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen. 2. Aufl. Dordrecht [u.a.]: Springer, 2009<br>• Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.: The finite element method for solid and structural mechanics. 6. Aufl., Nachdruck. Amsterdam [u.a.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006<br>• Skript<br>• zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung mit Übungen: 90 h<br>(Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57171 Einführung in die Finite Elemente Methode (BSL), schriftliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | • 45660 Finite Elemente in der Statik und Dynamik<br>• 45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D<br>• 49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II<br>• 49620 Modellbildung für Finite Elemente I<br>• 49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)<br>• 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)<br>• 49660 Nichtlineare Finite Elemente<br>• 49670 Seminar Angewandte Finite Elemente |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# 2161 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung

# Modul: 57160 Strukturdynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |

M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014
→ Wahlpflichtmodule

11. Empfohlene Voraussetzungen:

12. Lernziele:

Die Studierenden

- kennen die wichtigsten Kriterien und Grenzen für die Modellbildung in der Strukturdynamik,
- können Freiheitsgrade und kinematische Bindungen identifizieren und in unterschiedlichen Koordinatensystemen beschreiben,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Mehrkörper-Systeme aufstellen, linearisieren und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen eindimensionaler Kontinua aufstellen und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen und lösen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit einem Freiheitsgrad berechnen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit mehreren Freiheitsgraden berechnen,
- kennen das Verfahren der Modalanalyse mit und ohne Dämpfung,
- besitzen Grundkenntnisse für den Umgang mit einfachen dynamischen Finite-Elemente-Modellen.

13. Inhalt:

**Veranstaltung Dynamik I:**
- Modellierung, Freiheitsgrade und Kinematik bei Mehrkörpersystemen,
- Prinzip von d' Alembert, Prinzip der virtuellen Verschiebungen in der Dynamik,
- Aufstellung von Bewegungsgleichungen bei Mehrkörpersystemen,
- Linearisierung von Bewegungsgleichungen,
- Einheitsverschiebungsgesetz in der Dynamik,
- Lineare Systeme mit einem Freiheitsgrad,
- Freie und erzwungene gedämpfte Schwingungen (harmon., period-, stoßartige Erregung).

**Veranstaltung Dynamik II:**
- Eigenwertanalyse bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- freie und erzwungene Schwingungen bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- starre Bewegungsmöglichkeiten,
- Modalanalyse,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua und deren analytische Lösung,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua mit Finite-Elemente-Modellen,
- Dehnstab, Biegestab, Torsionsstab.

14. Literatur:


- Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2002
- Hamel, G.: Theoretische Mechanik. Berlin [u.a.] : Springer, 1978
- Hagedorn, P. ; Otterbein, S.: Technische Schwingungslehre. Band 1. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1987
- Hagedorn, P.: Technische Schwingungslehre. Band 2, Berlin ; Heidelberg : Springer, 1989
- Schiehlen, W. ; Eberhard, P.: Technische Dynamik. 2. Aufl. Stuttgart [u.a.] : Teubner, 2004
- Skript
- zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen


15. Lehrveranstaltungen und -formen:

- 571601 Vorlesung Dynamik 1
- 571602 Vorlesung Dynamik 2

| | |
|---|---|
| | • 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dynamik I, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Dynamik II, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57161 Strukturdynamik (PL), schriftliche Prüfung, 80 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | 44830 Mechanische Systeme |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint, Kurzvideos, kleine Experimente |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# 2162 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 12420 | Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie |
| 29150 | Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks |
| 30880 | Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen |
| 44020 | Aerodynamik und Flugzeugentwurf II |
| 44080 | Angewandte Luftfahrtsysteme |
| 44090 | Angewandte Luftfahrtsysteme I |
| 44100 | Angewandte Luftfahrtsysteme II |
| 44130 | Astronautik |
| 44250 | Digitaler Produktentwurf |
| 44300 | Einführung in die Hubschraubertechnik |
| 44420 | Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld |
| 44460 | Flugzeugentwurf II |
| 44470 | Flugzeugentwurfsseminar |
| 44530 | Hubschrauber-Aeromechanik |
| 44540 | Hubschraubertechnik |
| 44610 | Kleinsatellitenentwurf |
| 44680 | Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen |
| 44720 | Lastannahmen |
| 44730 | Leichtbau I |
| 44740 | Leichtbau I, II |
| 44770 | Leichtbauseminar |
| 44990 | Profilentwurf |
| 45290 | Tragflügelaerodynamik |
| 45300 | Tragwerksoptimierung |
| 45390 | Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt |
| 45680 | Optimale Tragwerksauslegung |
| 46510 | Industrielle Aerodynamik |
| 48680 | Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 49610 | Modellbildung für Finite Elemente I + II |
| 49620 | Modellbildung für Finite Elemente I |
| 49630 | Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden |

# Modul: 44020 Aerodynamik und Flugzeugentwurf II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Maged Sorour<br>• Thorsten Lutz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen des Moduls „Aerodynamik und Flugzeugentwurf I" (060101001) |
| 12. Lernziele: | Flugzeugentwurf II<br>• Die Studierenden können Flugzeugentwürfe beurteilen hinsichtlich Flugleistungen und Einsatztauglichkeit.<br>• Es gelingt ihnen eigene Entwürfe zu erarbeiten unter Berücksichtigung des Einflusses von Kompressibilität und Machzahleffekten.<br>• Weiterhin können die Studierenden einen Entwurf bezüglich Stabilität und Steuerbarkeit beurteilen.<br>Flugzeugaerodynamik II<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen und Anwendungsgrenzen von aerodynamischen Berechnungsmethoden, die im Vorentwurf und für Lastannahmen einsetzbar sind und können entsprechende Programme für Entwurfszwecke einsetzen.<br>• Die Studierenden verstehen den Einfluss der Pfeilung auf die aerodynamischen Eigenschaften von Tragflügeln in allen Mach-Zahl Bereichen und können die Wahl der Pfeilung bei Verkehrsflugzeugen und Überschallflugzeugen nachvollziehen.<br>• Sie können die zu erwartenden aerodynamischen Effekte bei Überschall-Tragflügeln ohne aufwändige Rechnung abschätzen und sind so in der Lage die Ergebnisse numerischer Simulationen zu bewerten. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen komplexe aerodynamische Effekte (Instationarität, Interferenzeffekte, nichtlineare Effekte) und den Einfluss auf die aerodynamischen Eigenschaften. |
| 13. Inhalt: | **Flugzeugentwurf II**<br>• Energie-Höhenmethode<br>• Darstellung der Flugbereichsgrenzen<br>• Flugbereichsgrenzen aufgrund der Bauvorschriften<br>• Entwurfsaspekte für den schallnahen und den Überschallbereich<br>• Ermittlung von Auftrieb und Widerstand unter Berücksichtigung der Kompressibilität<br>• Stabilität und Steuerbarkeit<br>**Flugzeugaerodynamik II**<br>• Erweitertes Traglinienverfahren<br>• Weissinger-Verfahren + Anwendungen<br>• Wirbelleiterverfahren + Anwendungen<br>• Nichtlineare Aerodynamik, Flügel kleiner Streckung, Deltaflügel<br>• Prinzip der Unabhängigkeit<br>• Pfeilungseffekte bei subsonischer, transsonischer und supersonischer Strömung<br>• Supersonische Flügelumströmung<br>• Interferenzeffekte<br>• Grundzüge der instationären Strömung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Übungsgblätter<br>Graphisch interaktives Programm „AERO"<br>Anderson, J.D.: Fundamentals of Aerodynamics<br>Anderson, J.D.: Modern Compressible Flow<br>Schlichting, Truckenbrodt: Aerodynamik des Flugzeuges<br>Raymer, D. P.: Aircraft design : a conceptual approach<br>Nicolai, M.: Fundamentals of Aircraft Design<br>Roskam, J.: Airplane Aerodynamics and Performance |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440201 Vorlesung Flugzeugentwurf II<br>• 440202 Übung Flugzeugentwurf II<br>• 440203 Vorlesung Flugzeugaerodynamik II<br>• 440204 Übung Flugzeugaerodynamik II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugzeugentwurf II, Vorlesung+Übung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62h)<br>Flugzeugaerodynamik II, Vorlesung: 73 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 45 h)<br>Flugzeugaerodynamik II, Übungen: 17 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44021 Aerodynamik und Flugzeugentwurf II (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44080 Angewandte Luftfahrtsysteme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Anforderungen, Funktion, Aufbau realer Luftfahrtsysteme von Verkehrsflugzeugen, Militärflugzeugen, Hubschrauber. |
| 13. Inhalt: | Primäres Flugsteuerungssystem (Verkehrsflugzeuge)<br>Hochauftriebssystem (Verkehrsflugzeuge)<br>Autopilot und Flight Director (Verkehrsflugzeuge)<br>Flugmanagementsystem (Verkehrsflugzeuge)<br>Überblick über integrierte Navigations- und Transpondersysteme (Verkehrsfzg.)<br>Auswahl aus „Utility Systeme" (Verkehrsflugzeuge)<br>Cabin Management System (Verkehrsflugzeuge)<br>Flugsteuerungssysteme (Militärflugzeuge)<br>Flugsteuerungssysteme (Hubschrauber) |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Angewandte Luftfahrtsysteme I/II. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |

| | |
|---|---|
| | • Moir, Ian. Civil Avionics Systems. Professional Engineering Publishing Limited. London 2003.<br>• Moir, Ian. Aircraft systems - Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Professional Engineering Publishing Limited. 2001. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440801 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme I<br>• 440802 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Angewandte Luftfahrtsysteme I: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Angewandte Luftfahrtsysteme II: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180h (Präsenzzeit: 56h, Selbststudium: 124h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44081 Angewandte Luftfahrtsysteme (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44090 Angewandte Luftfahrtsysteme I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900117 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Anforderungen, Funktion, Aufbau realer Luftfahrtsysteme von Verkehrsflugzeugen mit Schwerpunkt Flugsteuerung, Autopilot, Flugmanagement. |
| 13. Inhalt: | Primäres Flugsteuerungssystem<br>Hochauftriebssystem<br>Autopilot und Flight Director<br>Flugmanagementsystem<br>Überblick über integrierte Navigations- und Transpondersysteme |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Angewandte Luftfahrtsysteme I. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013.<br>• Moir, Ian. Civil Avionics Systems. Professional Engineering Publishing Limited. London 2003.<br>• Moir, Ian. Aircraft systems - Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Professional Engineering Publishing Limited. 2001. |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440901 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44091 Angewandte Luftfahrtsysteme I (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44100 Angewandte Luftfahrtsysteme II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Anforderungen, Funktion, Aufbau realer Luftfahrtsysteme in den Domänen „Utility, Cabin" von Verkehrsflugzeugen sowie der Domäne „Flugsteuerung" bei Hubschraubern und Militärflugzeugen. |
| 13. Inhalt: | Auswahl aus „Utility" Systemen in Verkehrsflugzeugen (Tanksystem, Elektrisches Energiesystem, Fahrwerksystem, ...)<br>Cabin Management System<br>Flugsteuerungssysteme in Militärflugzeugen<br>Flugsteuerungssysteme in Hubschrauber |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Angewandte Luftfahrtsysteme II. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme,Universität Stuttgart, 2013.<br>• Moir, Ian. Civil Avionics Systems. Professional Engineering Publishing Limited. London 2003.<br>• Moir, Ian. Aircraft systems - Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Professional Engineering Publishing Limited. 2001. |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 441001 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44101 Angewandte Luftfahrtsysteme II (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44130 Astronautik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500115 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | unregelmäßig |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Ernst Messerschmid<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten haben einen vertieften Einblick in die Subsysteme einer Raumstation, deren Nutzung und Auslegungsaspekte unter den besonderen Anforderungen eines bemannten Systems. Sie kennen die Motivationen und den Umsetzungsverlauf von Missionen der bemannten Erforschung im Weltraum.<br>Dies schließt Raumstationen im niedrigen Erdorbit und Explorationsmissionen darüber hinaus mit ein. Die Studenten sind mit dem konzeptionellen Vorentwurf und den Werkzeugen des Systems Engineering auf diesem Niveau vertraut. |
| 13. Inhalt: | • Historische, aktuelle und zukünftige Missionen<br>• Motivation und Ziele der bemannten Exploration<br>• Subsysteme eines Raumfahrzeugs bzw. einer Raumstation und Raumtransportelemente<br>• Systems Engineering<br>• Risikoanalyse<br>• Human Factors<br>• Orbitmechanik |
| 14. Literatur: | Buch „Raumstationen" bzw. „Space Stations" (Autor Ernst Messerschmid, Reinhold Bertrand), Vorlesungsfolien, Skript |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441301 Vorlesung Raumstationen - Systeme und Nutzung<br>• 441302 Vorlesung Astronautics and Space Exploration |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Raumstationen - Systeme und Nutzung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 42 h)<br>Astronautics and Space Exploration, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium:42 h)<br>Praktikum und Training zu Rendezvous und Docking an Raumstationen: 16 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 2 h)<br>Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt: 24 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 10 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 84 h, Selbststudium: 96 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44131 Astronautik (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44250 Digitaler Produktentwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen digitale Abbilder des Produktlebenszyklus, d.h. digitale Modellierung aller Daten vom Ingenieurentwurf bis hinein in die Digitalen Fabrik, kennen und vergleichend zu bewerten. Zugehörige Paradigmen des Model-Driven Engineering und des Knowledge-based Engineering können unter dem Gesichtspunkt einer modernen Konstruktionsmethodik mit modernen Methoden des Digital Engineering diskutiert werden. Zudem ist ein Überblick auf Forschungsthemen im Digital Engineering vorhanden. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen, eine Fähigkeitsanalyse existierender wissensbasierter Lösungen, z.B. des<br>• knowledge-based engineering in CAD-Systemen (z.B. CATIA Templates, Regeln)<br>• model-based engineering in numerischen Tools (z.B. Matlab/Simulink Modellierung) vergleichend zu analysieren und kritisch zu bewerten. Hierzu werden die notwendigen Grundlagen über Begriffssysteme (Ontologien) bereitgestellt: |

| | |
|---|---|
| | • Begriffshüllen in Entwurfssprachen<br>• Formale Begriffsanalyse (Begriff: Inhalt, Umfang)<br>• Vokabel- und Regelbegriff in Ontologien<br>• Entwurfsformalisierung in Entwurfssprachen (Entwurfstransformationen, M2M, M2T)<br>• Fertigungsformalisierung in Entwurfssprachen (Fertigungstransformationen, M2M, M2T)<br>• Erstellung und Analyse eigener und fremder Entwurfssprachen (Satellit, Flugzeug)<br>• Vergleich zur Informatik: (UML, SysML, Code-Generierung) und vermittelt. |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Russel, Norvik, Artificial Intelligence,<br>Weilkins, T.: Systems Engineering with SysML/UML.<br>Dpunkt Verlag, 2006. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442501 Vorlesung mit integrierten Übungen Digitaler Produktentwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenszeit 28h, Selbststudium 62h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44251 Digitaler Produktentwurf (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44300 Einführung in die Hubschraubertechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311107 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | Maged Sorour |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen die wesentlichen Grundlagen des Hubschraubersystems, seine Bauweisen, flugmechanisches Verhalten, Anwendungsgrenzen Die Studierenden sind vertraut mit dem Entwicklungsprozess eines Hubschraubers vom Vorentwurf, Lastannahmen, Anforderungen, Zulassungsvorschriften, Strukturauslegung, Festigkeitsnachweis, Materialien, Fertigung bis zum Versuch und Erprobung. |
| 13. Inhalt: | • Hubschrauberflugmechanik -Konzepte, Rotor- und Antriebssysteme.<br>• Hubschrauberlastannahmen und Zulassungsvorschriften.<br>• Hubschraubervorentwurf, Strukturauslegung und Festigkeitsnachweis.<br>• Werkstoffe, Fertigung und Flugerprobung. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung, Ergänzende Vortragsfolien<br>Just, W.: Einführung in die Hubschraubertechnik |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443001 Vorlesung und begleitende Übungen Einführung in die Hubschraubertechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h(Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44301 Einführung in die Hubschraubertechnik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48680 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ioannis Doltsinis |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Grundzüge der Elastostatik, finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den Eigenheiten elastisch-plastischen Verhaltens metallischer Werkstoffe bei monotoner wie auch bei wechselnder Beanspruchung vertraut, und kennen die mathematischen Ansätze zu dessen Beschreibung.<br>Sie wissen, die Festigkeitsreserven der plastischen Verformung bei der Bauteildimensionierung einzuschätzen.<br>Sie kennen die grundlegenden Verfahren zur Lösung elastisch-plastischer Probleme und sind in der Lage in bestimmten Fällen analytische Ansätze zu erarbeiten. |

| | |
|---|---|
| | Sie sind vertraut mit der Tragfähigkeit elastisch-plastischer Systeme und beherrschen die Methoden zu deren Abschätzung bzw. Eingrenzung.<br>Sie wissen über Versagen bzw. Anpassung des Tragwerks bei wechselnder Belastung Bescheid und können die Bedingungen für einen sicheren Einsatz festlegen.<br>Sie beherrschen die grundlegenden Algorithmen elastisch-plastischer Berechnungen mit finiten Elementen, können das numerische Verhalten der Lösung wie Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit ergründen und interpretieren. Ebenso die numerische Lösung mit Hilfe des vermittelten theoretischen Hintergrunds.<br>Sie kennen den Einfluss der Temperatur sowie der Zeit bei Werkstoffen mit viskosen Komponenten (Kriechen).<br>Sie wissen über die Signifikanz von endlichen Formänderungen für die Bauteilstabilität.<br>Sie sind mit der Modellierung von inelastischen Prozessen und mit deren numerischen Behandlung vertraut. |
| 13. Inhalt: | • Stoffverhalten und mathematische Ansätze<br>• Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua - Lösungsmethoden, Fallstudien<br>• Tragfähigkeit und ihre Abschätzung - Traglasttheoreme<br>• Wechselbelastung - Theorie der Anpassung<br>• Numerische Berechnungsverfahren - Algorithmen, numerisches Verhalten<br>• Einfluss von Temperatur und Zeit<br>• Signifikanz endlicher Formänderungen - Bauteilstabilität<br>• Modellierung und Simulation inelastischer Prozesse |
| 14. Literatur: | Ioannis Doltsinis, Elements of Plasticity - Theory and Computation, WIT Press Southampton 2000, 2nd edition 2010.<br>Ioannis Doltsinis, Large Deformation Processes of Solids, WIT Press Southampton 2004.<br>Zusammenfassende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 486801 Vorlesung und Übung Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 26 h, Selbststudium 64 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48681 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44420 Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311103 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Michael Pfaff |
| 9. Dozenten: | Jan-Michael Pfaff |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Der Studierende erweitert die theoretisch erlernten Ansätze aus den Fächern Aerodynamik, Flugmechanik, Flugzeugentwurf und Luftfahrttechnik auf die praktische Durchführung im Bereich der Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld. Er erreicht so ein multidisziplinäres Verständnis des Gesamtsystems Flugzeug. Die Motivation dieser Veranstaltung liegt in der Problematik heutiger großer namhafter Flugzeughersteller, deren personengebundenes disziplinübergreifendes Wissen durch das Ausscheiden solcher Generalisten verloren geht und nicht zu ersetzen ist.<br>• Die Veranstaltung wird in 8 Blockterminen abgehalten und in Zusammenarbeit mit dem DLR, Bereich Flugexperimente, Flugabteilung Oberpfaffenhofen durchgeführt. Im Rahmen des letzten Blocks wird das Erlernte in Form eines professionell durchgeführten Fluglabors praktisch erflogen, um den Studierenden mit der Nachweisführung theoretischer Anforderungen im praktischen Flugversuch vertraut zu machen. Für ein solches Labor hat das DLR eigens eine Cessna Caravan zum „Fliegenden Hörsaal" umgerüstet und mit entsprechenden Überwachungsbildschirmen an jedem Sitz und Messinstrumentierungen versehen. |
| 13. Inhalt: | Blockveranstaltung:<br>• Einführungsblock: Einführung und Wiederholung der aerodynamischen und flugmechanischen Grundlagen |

| | |
|---|---|
| | • Vorlesungsblock I: Stabilitätsbetrachtungen<br>• Vorlesungsblock II: Instrumentenkunde<br>• Vorlesungsblock III: Grundlagen Flugleistungen<br>• Vorlesungsblock IV: Missionsorientierte Flugzeugauslegung<br>• Vorlesungsblock V: Umsetzung und Anwendung des Erlernten am Beispiel einer Fluglinie<br>• Seminarblock: Vorbereitung der Versuchsdurchführungen und Auswertungen<br>• Praktischer Laborblock: Durchführung der Messflüge |
| 14. Literatur: | Flugleistungen (Hafer, Brüning, Sachs), Springer-Verlag<br>Angewandte Flugleistung (Scheiderer), Springer-Verlag<br>Skript zur Vorlesung in Form von ‚Handouts'<br>Weitere Unterlagen unter ILIAS |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444201 Vorlesung Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld<br>• 444202 Seminar Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44421 Flugeigenschaften und Flugleistungen im operationellen Umfeld (BSL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44460 Flugzeugentwurf II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | Maged Sorour |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können Flugzeugentwürfe beurteilen hinsichtlich<br>• Flugleistungen und Einsatztauglichkeit.<br>• Es gelingt ihnen eigene Entwürfe zu erarbeiten unter Berücksichtigung des Einflusses von Kompressibilität und Machzahleffekten.<br>• Weiterhin können die Studierenden einen Entwurf bezüglich Stabilität und Steuerbarkeit beurteilen. |
| 13. Inhalt: | • Energie-Höhenmethode<br>• Darstellung der Flugbereichsgrenzen<br>• Flugbereichsgrenzen aufgrund der Bauvorschriften<br>• Entwurfsaspekte für den schallnahen und den Überschallbereich<br>• Ermittlung von Auftrieb und Widerstand unter Berücksichtigung der Kompressibilität<br>• Stabilität und Steuerbarkeit |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Übungsgblätter<br>Raymer, D. P.: Aircraft design : a conceptual approach<br>Nicolai, M.: Fundamentals of Aircraft Design<br>Roskam, J.: Airplane Aerodynamics and Performance |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444601 Vorlesung Flugzeugentwurf II<br>• 444602 Übung Flugzeugentwurf II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugzeugentwurf II, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h) |

| | |
|---|---|
| | Flugzeugentwurf II, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44461 Flugzeugentwurf II (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44470 Flugzeugentwurfsseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Ingmar Geiß |
| 9. Dozenten: | Ingmar Geiß |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Studierende sind in der Lage die Grundlagen des Flugzeugentwurfes auf eine Aufgabenstellung anzuwenden.<br>• Die Studierenden sind in der Lage einen elementaren und iterativen Flugzeugentwurfsprozess durchzuführen unter Berücksichtigung der Zusammenhänge aller in diesem Stadium relevanten Disziplinen (Aerodynamik, Struktur, Wirtschaftlichkeit).<br>• Die Studierenden sind in der Lage sich im Team zu organisieren und die Ergebnisse zu präsentieren. |
| 13. Inhalt: | Das Seminar weist die folgende Aufteilung auf:<br>- Bewertung der möglichen Flugzeugkonfiguration und Auswahl der geeignetsten<br>- Entwurfsdiagramm und Gewichtsabschätzung<br>- Berechnung der Flugzeugaerodynamik und -Flugmechanik<br>- Berechnung der Flugleistungen<br>- Ermittlung der Lastannahmen und Flugzeugstruktur<br>- Wirtschaftliche Bewertung des Flugzeugs<br>In der Abschlussveranstaltung muss jedes Team seinen Flugzeugentwurf in einer Präsentation vorstellen. Nach der Präsentation werden die Entwürfe diskutiert. Nach der Auswertung aller Beiträge erfolgt die Auswahl des besten Entwurfs. |
| 14. Literatur: | Skript: Flugzeugentwurf I & II von Prof. Voit-Nitschmann, Skript Luftfahrttechnik,<br>Prof. Voit-Nitschmann |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 444701 Flugzeugentwurfsseminar |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 152 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44471 Flugzeugentwurfsseminar (BSL), schriftliche Prüfung, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44530 Hubschrauber-Aeromechanik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manuel Keßler |
| 9. Dozenten: | Manuel Keßler |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die wesentlichen aerodynamischen und dynamischen Effekte am Hubschrauberrotor im Schwebe- und Vorwärtsflug und haben einen Überblick gewonnen über simulative und experimentelle Möglichkeiten der Analyse und Bewertung. |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die Hubschraubertechnik<br>• Aerodynamik des Rotors im Schwebe- und Senkrechtflug<br>• Aerodynamik des Hubschraubers im Vorwärtsflug<br>• Grundlagen der Rotordynamik<br>• Numerische Verfahren zur Berechnung der Aerodynamik<br>• Experimentelle Verfahren |
| 14. Literatur: | Skript „Hubschrauber-Aeromechanik" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 445301 Vorlesung und Übungen Hubschrauber-Aeromechanik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44531 Hubschrauber-Aeromechanik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Aerodynamik von Luft- und Raumfahrzeugen |

# Modul: 44540 Hubschraubertechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manuel Keßler |
| 9. Dozenten: | • Manuel Keßler<br>• Maged Sorour |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen des Hubschraubersystems, seine Bauweisen, das flugmechanische Verhalten und Anwendungsgrenzen. Sie werden mit dem Entwicklungsprozess eines Hubschraubers vom Vorentwurf, Lastannahmen, Anforderungen, Zulassungsvorschriften, Strukturauslegung, Festigkeitsnachweis, Materialien, Fertigung bis zum Versuch und Erprobung vertraut gemacht. Dazu haben sie die wesentlichen aerodynamischen und dynamischen Effekte am Hubschrauberrotor im Schwebe- und Vorwärtsflug verstanden und einen Überblick gewonnen über simulative und experimentelle Möglichkeiten der Analyse und Bewertung. |
| 13. Inhalt: | • Hubschrauberflugmechanik -Konzepte, Rotor- und Antriebssysteme<br>• Lastannahmen und Zulassungsvorschriften<br>• Vorentwurf, Strukturauslegung und Festigkeitsnachweis<br>• Werkstoffe, Fertigung und Flugerprobung<br>• Aerodynamik des Rotors im Schwebe- und Senkrechtflug<br>• Aerodynamik des Hubschraubers im Vorwärtsflug<br>• Grundlagen der Rotordynamik<br>• Numerische Verfahren zur Berechnung der Aerodynamik<br>• Experimentelle Verfahren |
| 14. Literatur: | Skripte und Vortragsfolien zu den Vorlesungen „Einführung in die Hubschraubertechnik" und „Hubschrauber-Aeromechanik" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445401 Vorlesung und Übungen Hubschraubertechnik<br>• 445402 Vorlesung Hubschrauber-Aeromechanik |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44541 Hubschraubertechnik (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 46510 Industrielle Aerodynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110102 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Uwe Gaisbauer |
| 9. Dozenten: | Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben eine vertiefte Kenntnis über komplexe Strömungsphänomene aus unterschiedlichen Bereichen der technischen und industriellen Anwendung erlangt. Sie sind in der Lage, unterschiedliche technische Strömungsanwendungen aus dem Bereich der viskosen Innenströmungen bis hin zur Außenumströmung von Fahrzeugen zu analysieren und zu deuten. |
| 13. Inhalt: | -Rohrhydraulik<br>-Schmiermittelströmung<br>-Fahrzeugaerodynamik<br>-Partikelströmung |
| 14. Literatur: | Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1 + 2, 3. Auflage, 1989.<br>Eck, B.: Technische Strömungslehre 1+2, 8. Auflage, 1978, 1981.<br>Hucho, W.H.: Aerodynamik des Automobils, 3. Auflage, 1994.<br>Schlichting, H, Gersten, K.: Grenzschicht-Theorie, 9. Auflage, 1997. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 465101 Vorlesung Industrielle Aerodynamik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 46511 Industrielle Aerodynamik (BSL), schriftliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44610 Kleinsatellitenentwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | Hans-Peter Röser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studierende verfügen über das grundlegende Wissen für die Entwicklung, den Bau und die Verifikation eines Kleinsatelliten. Sie kennen die Potentiale und Grenzen kleiner Satelliten. Weiterhin verfügen die Studenten über die Fähigkeit zur Auslegung der Nutzlast und des Satellitenbusses. Dies umfasst detaillierte Kenntnisse über die Satellitenstruktur, das Thermalsystem, das Lageregelungssystem sowie die Satellitenelektronik. Die Studenten besitzen die Fähigkeit, Basissimulationen der Kleinsatellitenentwicklung eigenständig durchzuführen |
| 13. Inhalt: | Vorlesung Kleinsatellitenentwurf:<br>• Grundlagen der Kleinsatellitenentwicklung<br>• Kleinsatellitenstrukturen<br>• Entwicklung des Thermalkontrollsystems<br>• Entwicklung des Lageregelungssystem<br>• Elektrische Architekturen und Leistungselektroniken für Kleinsatelliten<br>• Einführung in das Projektmanagement<br>• Kleinsatellitensysteme anhand von Satellitenbeispiele |

| | |
|---|---|
| | Praktikum Kleinsatellitenentwurf<br>• Durchführung von Machbarkeitsuntersuchen an einer gegebenen Satellitenmission<br>• Ermittlung der Systembudgets<br>• Grundlegende Auslegung der Nutzlast und des Satellitenbusses<br>• Präsentation der Ergebnisse<br><br>Seminar Kleinsatellitenentwurf<br><br>• Orbitanalysen von Kleinsatelliten<br>• Thermische Analyse von Kleinsatelliten<br>• Mechanischen Analyse von Kleinsatelliten |
| 14. Literatur: | Skripte zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446101 Vorlesung Kleinsatellitenentwurf<br>• 446102 Seminar Kleinsatellitenentwurf<br>• 446103 Praktikum Kleinsatellitenentwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kleinsatellitenentwurf, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h)<br>Kleinsatellitenentwurf, Seminar: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Kleinsatellitenentwurf, Praktikum: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44611 Kleinsatellitenentwurf (PL), schriftlich oder mündlich, Gewichtung: 1.0, Vorlesung Kleinsatellitenentwurf: schriftlich (60min) oder mündlich (20min); Wichtung: 34% Seminar und Praktikum Kleinsatellitenentwurf: Projektarbeit; Wichtung 66% |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44680 Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Philipp Fuhr |
| 9. Dozenten: | Carlo Sigolotto |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Luftfahrtsysteme. Sie sind in der Lage wichtige Systeme wie z.B. die Steuerungsanlage konstruktiv zu definieren und auszulegen. Weiterhin besitzen sie luftfahrtspezifische Kenntnisse über die Grundlagen der Flugzeughydraulik und der Bordelektrik. |
| 13. Inhalt: | • Flugsteuerungsanlagen<br>• Kraftstoffsysteme<br>• Bordelektrik<br>• Verglasung von Luftfahrzeugen<br>• Grundlagen der Ölhydraulik<br>• Flugzeughydraulik<br>• Beleuchtungssysteme |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Moir, I: Aircraft systems : mechanical, electrical, and avionics subsystems integration |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446801 Vorlesung Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44681 Konstruktive Aspekte von Flugzeugsystemen (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von: Institut für Flugzeugbau

# Modul: 44720 Lastannahmen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060311102 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Joachim Greiner |
| 9. Dozenten: | • Rudolf Voit-Nitschmann<br>• Joachim Greiner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können die Bauvorschriften interpretieren und die entsprechenden Lastfälle definieren. Darauf aufbauend sind sie in der Lage Belastungsfälle für Luftfahrzeuge zu berechnen, die durch Manöver und Böen hervorgerufen werden. |
| 13. Inhalt: | • Gesetze und Bauvorschriften für Luftfahrzeuge<br>• Kräfte und Momente am Flugzeug<br>• Fluglasten<br>o Lasten im Horizontalflug, symmetrische Lasten<br>o Unsymmetrische Belastungen<br>o Lasten durch Ruderausschläge (Betätigungslasten)<br>o Böenlasten<br>• Bodenbelastungen |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Übungsblätter im ILIAS<br>Begleitbuch: Niu, M. C. Y.: Airframe Structural Design, Commilit Press Ltd.,<br>Hongkong, 1988 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 447201 Vorlesung Lastannahmen I+II<br>• 447202 Übung Lastannahmen I+II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Lastannahmen I+II, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Lastannahmen I+II, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h) |

| | |
|---|---|
| | Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44721 Lastannahmen (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44730 Leichtbau I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310103 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Maged Sorour<br>• Peter Middendorf |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten wissen die wesentlichen Grundlagen des Leichtbaus, Leichtbaumethoden, Leichtbauwerkstoffe sowie moderne Werkstoffsysteme. Die Studierenden werden mit dem Entwurf und Auslegung einzelner Strukturelemente im Bereich der Festigkeit, Steifigkeit vertraut gemacht. Die wichtigsten strukturmechanischen Auslegungsmethoden und Theorien werden dabei anhand realer Flugzeugstrukturen angewendet und praktiziert. |
| 13. Inhalt: | Kriterien der Leichtbaukonstruktionen, Leichtbaumethoden, Entwurfsphilosophien,<br>Systematik und Gestaltung von Leichtbaukonstruktionen, Berechnungsmethoden,<br>Gestaltleichtbau und geometrische Kenngrößen von Strukturkomponenten,<br>Werkstoffleichtbau und moderne Werkstoffsysteme, Strukturelemente, Zugelemente, Biegeelemente. |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Wiedemann, J.: Leichtbau |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447301 Vorlesung und begleitende Übungen Leichtbau I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44731 Leichtbau I (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44740 Leichtbau I, II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310102 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Maged Sorour<br>• Peter Middendorf |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden wissen die wesentlichen Grundlagen des Leichtbaus, Leichtbaumethoden,<br>Leichtbauwerkstoffe sowie moderne Werkstoffsysteme.<br>Die Studierenden werden mit dem Entwurf und der Auslegung einzelner Strukturelemente<br>im Bereich der Festigkeit, Steifigkeit und Stabilität vertraut gemacht. Die wichtigsten strukturmechanischen Auslegungsmethoden und Theorien werden<br>dabei anhand realer Flugzeugstrukturen angewendet und praktiziert. |
| 13. Inhalt: | Kriterien der Leichtbaukonstruktionen, Leichtbaumethoden, Entwurfsphilosophien,<br>Systematik und Gestaltung von Leichtbaukonstruktionen, Berechnungsmethoden,<br>Gestaltleichtbau und geometrische Kenngrößen von Strukturkomponenten,<br>Werkstoffleichtbau und moderne Werkstoffsysteme, Strukturelemente, Zugelemente, Biegeelemente, Druckelemente, Schub- und Zugfelder, Sandwichstrukturen, Überlagerungen und Krafteinleitung. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung |

| | |
|---|---|
| | Wiedemann, J.: Leichtbau<br>Kossira, H.: Leichtbau |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447401 Vorlesung und begleitende Übungen Leichtbau I, II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44741 Leichtbau I, II (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44770 Leichtbauseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Ronny Sachse |
| 9. Dozenten: | Ronny Sachse |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | • 060310103 Leichtbau I<br><br>**Achtung:** Der Kurs ist auf **18 Plätze** beschränkt.Die **Anmeldung** erfolgt in der **1. Woche im LSF** (genauere Infos gibt es in der Einführungsveranstaltung) |
| 12. Lernziele: | Nach erfolgreichem beenden des Moduls sind die Studierenden in der Lage, einfache Probleme auf Basis der FEM lösen zu können. Dazu gehören das Berechnen einfacher statischer Lastfälle für Metall- und Composite - Bauteile und die Bauteiloptimierung auf Basis der FEM. |
| 13. Inhalt: | • Klassische Laminattheorie<br>• Finite Elemente Methode<br>• Auslegung von FVK-Strukturen<br>• Topologieoptimierung<br><br>**Achtung:** Der Kurs ist auf **18 Plätze** beschränkt.Die **Anmeldung** erfolgt in der **1. Woche im LSF** (genauere Infos gibt es in der Einführungsveranstaltung) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden - Helmut Schürmann |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447701 Vorlesung und Seminar Leichtbauseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Leichtbauseminar, Seminar: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44771 Leichtbauseminar (BSL) (BSL), schriftlich und mündlich, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49620 Modellbildung für Finite Elemente I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ernst Schrem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die in den Basiskursen vermittelten Grundlagen werden durch anwendungsorientierte Kenntnisse erweitert, welche beim praktischen Einsatz der Methode der Finiten Elemente benötigt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der linearelastischen Berechnung von Bauteilen und Tragwerken: Lastabtragung, Verformungen (Steifigkeit), Festigkeit (Spannungen), Eigenschwingungen (Dynamik).<br><br>Die Studierenden können im Besonderen dabei die konstruktionsbegleitende Berechnung berücksichtigen, die immer größere Bedeutung erlangt gegenüber der reinen Nachrechnung bereits festgelegter Konstruktionen. Hier ist der Berechnungsingenieur als Partner des Konstrukteurs von Anfang an in den Konstruktionsprozeß eingebunden. Er kann dabei bereits in einer sehr frühen Phase durch die Modellierung, Berechnung und Bewertung von Zwischenlösungen einen wesentlichen Beitrag zur effizienten Produktentwicklung und zu besonders hochwertigen Ergebnissen liefern. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Teil I: Grundlagen der Modellbildung, Kontinua und Diskrete Systeme, Element-Netze, Festlegung der Systemgrenze, Lagerung, Diskretisierung der Belastung, Darstellung und Interpretation der Spannungsfelder. |
| 14. Literatur: | Vorlesungsmanuskript,<br>E. Schrem: Diskrete Mechanische Systeme (als pdf) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496201 Vorlesung Modellbildung für Finite Elemente I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49621 Modellbildung für Finite Elemente I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600122 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ernst Schrem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben ihre Grundlagenkenntnisse durch anwendungsorientierte Kenntnisse erweitert, dies befähigt sie zum praktischen Einsatz der Methode der Finiten Elemente. Dies im Besonderen bei der linearelastischen Berechnung von Bauteilen und Tragwerken: Lastabtragung, Verformungen (Steifigkeit), Festigkeit (Spannungen), Eigenschwingungen (Dynamik).<br><br>Die Studierenden können damit konstruktionsbegleitende Berechnungen durchführen, die immer größere Bedeutung erlangt gegenüber der reinen Nachrechnung bereits festgelegter Konstruktionen. Sie können z.B. als Berechnungsingenieur als Partner des Konstrukteurs von Anfang an im Konstruktionsprozeß unterstützen. Sie können dabei bereits in einer sehr frühen Phase durch die Modellierung, Berechnung und Bewertung von Zwischenlösungen einen wesentlichen Beitrag zur effizienten Produktentwicklung und zu besonders hochwertigen Ergebnissen liefern. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Teil I: Grundlagen der Modellbildung, Kontinua und Diskrete Systeme, Element-Netze, Festlegung der Systemgrenze, Lagerung, Diskretisierung der Belastung, Darstellung und Interpretation der Spannungsfelder.<br><br>Teil II: Diskrete mechanische Systeme, lineare Kinematik, Gleichgewichtskräftesysteme und Kraftfluss im Inneren, Aufbau und Lösung der Systemgleichungen der Statik und Dynamik, Voraussetzungen für Modellvereinfachungen, elastomechanischer Kontakt, redundante Freiheitsgrade. |
| 14. Literatur: | Vorlesungsmanuskript,<br><br>E. Schrem: Diskrete Mechanische Systeme (als pdf) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496101 Vorlesung Modellbildung für Finite Elemente I + II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49611 Modellbildung für Finite Elemente I + II (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45680 Optimale Tragwerksauslegung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513109 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | • Jörg Wagner<br>• Ioannis Doltsinis |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Tragwerksoptimierung<br><br>Die Studierenden<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik strukturieren und adäquat beschreiben, und zwar einschließlich Mehrzielkriterien,<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik klassifizieren,<br>- besitzen einen Überblick über die Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können einfache Optimierungsprobleme ohne und mit Randbedingungen analytisch lösen,<br>- kennen die wesentlichen Grundlagen numerischer Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik, |

- können zwei typische numerische Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik anwenden,
- kennen das Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren in der Strukturmechanik.

Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung

- Die Studierenden sind mit der Quantifizierung von streuenden Daten vertraut und wissen über ihre Bedeutung für das Verhalten von Tragwerken sowie für das Ergebnis von technologischen Prozessen.
- Sie beherrschen analytische und synthetische Methoden zur Berechnung des stochastischen Tragwerksverhaltens bei gegebenen Eingangsdaten für

- Elastische Tragwerke
- Große Verschiebungen
- Elastisch-plastische Tragwerke
- Nichtlineare Dynamik
- Inelastische Formänderungsprozesse

- Sie wissen über die Optimierung von Tragwerken sowie Prozessen bei stochastischem Verhalten, sind mit der Robustheit gegenüber streuenden Konditionen vertraut und können entsprechende Auslegungsverfahren einsetzen.
- Sie sind in der Lage, die Bedeutung der Eingangsdaten sowie die Eignung des Systems für robuste Auslegung zu beurteilen.
- Sie beherrschen die Begriffe der Zuverlässigkeit und Lebensdauer, kennen Verfahren zur Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Bauteilen (analytische Verfahren erster- und zweiter Ordnung sowie Synthese stochastischer Simulation).
- Sie können auf eine vorgegebene Ausfallwahrscheinlichkeit hin optimieren und die Zuverlässigkeit von Tragsystemen abschätzen im Serien- Parallel- oder Standby- Modus.
- Sie sind mit den Begriffen der stochastischen Feldgrößen bzw. stochastischen Prozessen vertraut und wissen diese zu charakterisieren.
- Sie lernen durchweg, der Streuung mittels analytischer Approximation sowie alternativ durch stochastische Monte Carlo Simulation Rechnung zu tragen.

13. Inhalt:

Tragwerksoptimierung

- Einführung und Motivation
- Klassifikationsmerkmale für Optimierungsprobleme
- mathematische Beschreibung tragwerkstypischer Optimierungsprobleme
- allgemeines Vorgehen beim Optimalentwurf
- analytische Optimierungsverfahren
- numerische Verfahren für tragwerkstypische Optimierungsprobleme (insbes. Liniensuch-, Straffunktions-, duales Lösungsverfahren)
- Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren

Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung

- Streuung und Charakterisierung
- Stochastische Tragwerksanalyse mittels Taylorreihe - elastisch, nichtlinear, plastisch, nichtlineare Dynamik
- Optimale Auslegung - Robustheit
- Monte Carlo Verfahren - Tragwerksanalyse und Entwurfsertüchtigung

| | |
|---|---|
| | - Zuverlässigkeit - Systeme und Bauteile, analytische Approximation, stochastische Simulation, Optimierung und Zuverlässigkeit<br>- Zeitabhängige Phänomene - stochastische Prozesse und -Felder, Lebensdauer<br>- Inelastische Formänderungsprozesse - Signifikanz der Eingangsstreuung, numerische Analyse, optimale Auslegung |
| 14. Literatur: | - Arora, J.S.: Introduction to optimum design. 2 Aufl. Amsterdam/... : Elsevier Academic Press, 2004<br>- Baier, H. ; Seeßelberg, C. ; Specht, B.: Optimierung in der Strukturmechanik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>- Kirsch, U.: Structural Optimization. Berlin/… : Springer, 1993<br>- Papageorgiou, M.: Optimierung : statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung. 2. Aufl. München ; Wien : Oldenbourg, 1996<br>- Pardalos, P.M. ; Resende, M.G.C. (Hrsg.): Handbook of applied optimization. Oxford ; Berlin : Oxford University Press, 2002<br>- Skript<br><br>- Ioannis Doltsinis, Stochastic Methods in Engineering, WIT Press Southampton 2012<br>- Ergänzende und zusammenfassende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 456801 Vorlesung Tragwerksoptimierung<br>• 456802 Vorlesung Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit: 56 Stunden<br><br>Selbststudiumszeit: 124 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45681 Optimale Tragwerksauslegung (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 44990 Profilentwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110141 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Thorsten Lutz |
| 9. Dozenten: | Thorsten Lutz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen des Moduls „Aerodynamik und Flugzeugentwurf I" (060101001) |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können Profilpolaren lesen und interpretieren und kennen den Einfluss wesentlicher geometrischer und aerodynamischer Parameter auf die Polaren.<br>• Sie wissen wie sich durch Änderungen der Druckverteilung am Profil die aerodynamischen Eigenschaften beeinflussen lassen, zum Beispiel im Hinblick auf die Laminarhaltung oder die Vermeidung vonAblösungen.<br>• Sie kennen die wesentlichen Grundlagen und Anwendungsgrenzen eines Programms zum inversen Entwurf von Profilen und können das Programm zur zielgerichteten Entwicklung von Profilen für vorgegebene Aufgaben anwenden. |
| 13. Inhalt: | • Reibungsfreie und reibungsbehaftete Profilumströmung<br>• Lesen und Interpretieren von Profilpolaren<br>• Laminare und turbulente Profilgrenzschichten, Grenzschichtumschlag, laminare Ablöseblasen<br>• Grundlagen und Anwendung eines Profilentwurfsprogramms<br>• Auslegung von Laminarprofilen durch Gestaltung der Druckverteilung (laminarer Profilteil, Hauptdruckanstieg, Umschlagsrampen, Abbau von Saugspitzen) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Profilentwurfsprogramm<br>R. Eppler: Airfoil design and data |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449901 Vorlesung Profilentwurf<br>• 449902 Gruppenübung Profilentwurf<br>• 449903 Seminar Profilentwurf<br>• 449904 Individuelle Anleitung zum Profilentwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Profilentwurf, Vorlesung: 32 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 18 h)<br>Profilentwurf, Gruppenübungen: 12 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 5 h)<br>Profilentwurf, Seminar: 46 h (Präsenzzeit 21 h, Selbststudium 25 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 58 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44991 Profilentwurf (BSL), Sonstiges, 20 Min., Gewichtung: 1.0, benoteter Seminarvortrag (20 Minuten) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Programmanwendungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Aerodynamik und Gasdynamik |

# Modul: 49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Andre Haufe |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Vertiefte Kenntnisse in Mechanik und Statik |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den Simulationsmethoden zur Abbildung strukturmechanischer Prozesse in der Kurzzeitdynamik vertraut.<br><br>Sie können die Unterschiede zur impliziten zeitintegrationsverfahren aufzeigen und die speziellen Anwendungen und Anforderungen im |

| | |
|---|---|
| | industriellen Einsatz diskutieren. Sich hieraus ergebende Anforderungen an die Modellbildung (Werkstoffmodelle, diverse Diskretisierungen, Verifikation und Validierung von Modellen) sind den Studenten bekannt.<br><br>Der Einfluss von Diskretisierungsgrößen wie z.B. Zeitschrittgröße oder Elementgröße auf die Qualität und Belastbarkeit von Berechnungsergebnisse sind verstanden.<br><br>Die Studierenden kennen die Anforderungen an die Simulation aus Industriesicht. |
| 13. Inhalt: | • Einführung und Übersicht aktueller Anwendungen für explizite Zeitintegrationsverfahren in der FEM<br>• Zeitintegration & Diskretisierung mit Finiten Elementen / Unterschiede zu Impliziten Verfahren<br>• Effekte materieller Nichtlinearitäten der FEM im Industrieeinsatz<br>• Gebräuchliche Materialformulierungen und Implementierung<br>• Modelltechnik und -aufbau großer Impaktmodelle (z.B. Crashmodelle)<br>• Fluid-Struktur-Interaktion für explizite Zeitintegration (Airbag-Entfaltung)<br>• Validierung und Verifikation von Berechnungsmodellen in der Industriepraxis |
| 14. Literatur: | Belytschko, T., Liu, W.K., Moran, B.: Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, Jpohn Wiley & Sons, LTD, ISBN 0-471-98773-5 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496301 Vorlesung Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49631 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45290 Tragflügelaerodynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110142 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Thorsten Lutz |
| 9. Dozenten: | Thorsten Lutz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen des Moduls „Aerodynamik und Flugzeugentwurf I" (060101001) |
| 12. Lernziele: | Flugzeugaerodynamik II<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen und Anwendungsgrenzen von aerodynamischen Berechnungsmethoden, die im Vorentwurf und für Lastannahmen einsetzbar sind und können entsprechende Programme für Entwurfszwecke einsetzen.<br>• Die Studierenden verstehen den Einfluss der Pfeilung auf die aerodynamischen Eigenschaften von Tragflügeln in allen Mach-Zahl Bereichen und können die Wahl der Pfeilung bei Verkehrsflugzeugen und Überschallflugzeugen nachvollziehen.<br>• Sie können die zu erwartenden aerodynamischen Effekte bei Überschall-Tragflügeln ohne aufwändige Rechnung abschätzen und sind so in der Lage die Ergebnisse numerischer Simulationen zu bewerten.<br>• Sie kennen komplexe aerodynamische Effekte (Instationarität, Interferenzeffekte, nichtlineare Effekte) und den Einfluss auf die aerodynamischen Eigenschaften. |
| 13. Inhalt: | Flugzeugaerodynamik II<br>• Erweitertes Traglinienverfahren<br>• Weissinger-Verfahren + Anwendungen<br>• Wirbelleiterverfahren + Anwendungen<br>• Nichtlineare Aerodynamik, Flügel kleiner Streckung, Deltaflügel<br>• Prinzip der Unabhängigkeit |

| | |
|---|---|
| | • Pfeilungseffekte bei subsonischer, transsonischer und supersonischer Strömung<br>• Supersonische Flügelumströmung<br>• Interferenzeffekte<br>• Grundzüge der instationären Strömung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Übungsgblätter<br>Graphisch interaktives Programm „AERO"<br>Anderson, J.D.: Fundamentals of Aerodynamics<br>Anderson, J.D.: Modern Compressible Flow<br>Schlichting, Truckenbrodt: Aerodynamik des Flugzeuges |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 452901 Vorlesung Flugzeugaerodynamik II<br>• 452902 Übung Flugzeugaerodynamik II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugzeugaerodynamik II, Vorlesung: 73 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 45 h)<br>Flugzeugaerodynamik II, Übungen: 17 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 10 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45291 Tragflügelaerodynamik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb, Programmanwendungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Aerodynamik und Gasdynamik |

# Modul: 45300 Tragwerksoptimierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik strukturieren und adäquat beschreiben, und zwar einschließlich Mehrzielkriterien,<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik klassifizieren,<br>- besitzen einen Überblick über die Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können einfache Optimierungsprobleme ohne und mit Randbedingungen analytisch lösen,<br>- kennen die wesentlichen Grundlagen numerischer Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können zwei typische numerische Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik anwenden, |

| | |
|---|---|
| | - kennen das Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren in der Strukturmechanik. |
| 13. Inhalt: | - Einführung und Motivation,<br>- Klassifikationsmerkmale für Optimierungsprobleme,<br>- mathematische Beschreibung tragwerkstypischer Optimierungsprobleme,<br>- allgemeines Vorgehen beim Optimalentwurf,<br>- analytische Optimierungsverfahren,<br>- numerische Verfahren für tragwerkstypische Optimierungsprobleme, (insbes. Liniensuch-, Straffunktions-, duales Lösungsverfahren),<br>- Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren. |
| 14. Literatur: | - Arora, J.S.: Introduction to optimum design. 2 Aufl. Amsterdam/... : Elsevier Academic Press, 2004<br>- Baier, H. ; Seeßelberg, C. ; Specht, B.: Optimierung in der Strukturmechanik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>- Kirsch, U.: Structural Optimization. Berlin/... : Springer, 1993<br>- Papageorgiou, M.: Optimierung : statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung. 2. Aufl. München ; Wien : Oldenbourg, 1996<br>- Pardalos, P.M. ; Resende, M.G.C. (Hrsg.): Handbook of applied optimization. Oxford ; Berlin : Oxford University Press, 2002<br>- Skript |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453001 Vorlesung Tragwerksoptimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Tragwerksoptimierung , Vorlesung : 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45301 Tragwerksoptimierung (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 45390 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310106 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Yves Klett |
| 9. Dozenten: | • Peter Middendorf<br>• Yves Klett |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die in der Luft- und Raumfahrt eingesetzten Materialien und Fertigungsvefahren kennen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Faserverbund- und Leichtmetallwerkstoffen sowie Sandwich-Technologien. Die Studierenden lernen Vor- und Nachteile sowie praxisorientierte Auswahlkriterien kennen, die über einen optimierten Werkstoffeinsatz entscheiden und werden in die Lage versetzt, eine solche Auswahl selbst zu treffen. |
| 13. Inhalt: | • Faserverbundwerkstoffe und Matrixsysteme<br>• Sandwichwerkstoffe (Schäume, Honigwaben, Faltkerne)<br>• Leichtmetalle<br>• Triebwerk-Werkstoffe<br>• Multifunktionale Werkstoffe<br>• Nano-Werkstoffe |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Schürmann, H.: Konstruieren mit Faser-Kunststoff- Verbunden |

| | |
|---|---|
| | Ashby, M.: Materials selection in mechanical design |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453901 Vorlesung Werkstoffe und Fertigungsverfahren im Flugzeugbau |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45391 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 12420 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320011 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Technische Mechanik I |
| 12. Lernziele: | • Studierende erlangen Kenntnisse über die Grundlagen der Windenergienutzung insbes. durch netzgekoppelte Windenergieanlagen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage eine elementare Auslegung von Windenergieanlagen auszuführen unter der Berücksichtigung der lokalen Windpotenzials, des aerodynamischen, mechanischen und elektrischen Anlagenkonzepts sowie deren Regelung und Betrieb im elektrischen Netz.<br>• Ebenfalls können die Wirtschaftlichkeit sowie Aspekte der Energiepolitik und des Natur- u. Umweltschutzes beurteilt werden. |
| 13. Inhalt: | • ***Windenergienutzung I***<br>Einleitung, Historie & Potenziale, Windbeschreibung für Ertragsberechung, Standortwahl und Windparkaspekte, Typologie und Funktion von Windenergieanlagen, Aerodynamische Auslegung und Blattelement-Impulstheorie, Kennlinien und Leistungsbegrenzung, Konstruktiver Aufbau: 1. Mechanik, 2. Elektrisches System und Regelung,Dynamische Belastungen, Offshore-Windenergieanlagen, Wirtschaftlichkeit, Energiepolitische Fragen<br>• ***Übung und Versuch***<br>Es werden 5 Hörsaalübungen sowie der Hochlaufversuch im Böenwindkanal angeboten. |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | • Vorlesungsunterlagen des Lehrstuhls (PowerPoint-Folien)<br>• R. Gasch und J. Twele, "Windkraftanlagen"<br>• James F. Manwell, Jon G. McGowan und Anthony L. Rogers, "Wind Energy Explained: Theory, Design and Application" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 124201 Vorlesung Windenergienutzung I<br>• 124202 Übung Windenergienutzung I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit Windenergienutzung I , Vorlesung: 28 Stunden<br>Selbststudium Windenergienutzung I , Vorlesung: 62 Stunden<br>Präsenzzeit Windenergienutzung I , Übung: 8 Stunden<br>Selbststudium Windenergienutzung I , Übung: 74 Stunden<br>Präsenzzeit Windkanalversuch: 3 Stunden<br>Bearbeitungszeit Versuchsauswertung: 5 Stunden<br>Summe: 180 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 12421 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0, Das Versuchsprotokoll während des Semesters ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung. Die Prüfung umfasst einen Fragenteil (20min) und einen Rechenteil (70min). |
| 18. Grundlage für ... : | • 30880 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen<br>• 30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 29150 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320012 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie |
| 12. Lernziele: | After attending the class the students should have the basic technical understanding for the planning and realization of a wind park and the necessary knowledge on the regulatory, economic and environmental issues related to the construction and operation of wind farms. |
| 13. Inhalt: | • Preliminary site assessment<br>• Extreme wind distribution<br>• Wake models for loads and park efficiency<br>• Site specific load assessment<br>• Environmental impact (noise, shadow)<br>• Onshore: foundation and logistics<br>• Grid connection and integration<br>• Reliability of wind turbines<br>• Load monitoring of wind turbine components<br>• Offshore wind energy |
| 14. Literatur: | • PowerPoint slides available in ILIAS<br>• classroom exercise material available in ILIAS<br>• text book: R. Gasch, J. Twele, Windkraftanlagen, Teubner<br>• http://www.wind-energie.de/infocenter/technik |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 291501 Vorlesung Windenergie II<br>• 291502 Übung Windenergie II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Time of lecture attendance: 28 hours<br>Self-study time for lectures: 62 hours<br>Time of classroom exercise attendance : 16 hours<br>Self-study time for exercises: 74 hours |

| | |
|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 29151 Windenergie 2 - Planung und Betrieb von Windparks (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint slides and blackboard |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# Modul: 30880 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060320013 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Po Wen Cheng |
| 9. Dozenten: | Po Wen Cheng |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060320011 Windenergie 1 - Grundlagen Windenergie |
| 12. Lernziele: | - Die Studierenden verfügen über das Systemverständnis einer gesamten Windenergieanlage (WEA).<br>- Sie können numerisch und experimentell Belastungen an Windenergieanlagen ermitteln.<br>- Sie können Bemessungsverfahren zur Auslegung der wichtigsten Komponenten und des Gesamtsystems anwenden.<br>- Die Studierenden sind in der Lage kommerzielle Simulationsprogramme wie Bladed und Simpack am Beispiel einer typischen Multi-MW Windenergieanlage anzuwenden. |
| 13. Inhalt: | Entwurf von Windenergieanlagen<br>- Auslegungsmethodik & Richtlinien<br>- Windfeldmodellierung (Begriffe,<br>- Turbulenzmodellierung, Extremereignisse)<br>- Dynamik des Gesamtsystems (Campbell-Diagramm, Simulation, Strukturdynamik, Modellierung, Messtechnik)<br>- Blattentwurf mit Nachlaufdrall |

| | |
|---|---|
| | - Blattelement-Impulstheorie (BEM-Algorithmus, empirische Korrekturen, dynamische Effekte, Schräganströmung)<br>- Offshore-Umgebungsbedingungen (Wind, Wellen, Strömung, Eis) und Bodenbedingungen<br>- Hydrodynamische Belastungen<br>- Dynamik des Gesamtsystems<br>- Regelung und Betriebsführung<br>- Lastfälle und Nachweise nach IEC 61400-1 ed. 2 (Auslegungsprozess, Lastfälle und Nachweise)<br>- Messung von Belastungen und Leistung nach IEC 61400-12/-13 am Beispiel<br>- Betriebsfestigkeit (Nachweiskonzepte für WEA, Rainflow, Palmgren-Miner, schädigungs-äquivalente Lasten, Lastverweildauer)<br>- Auslegung von WEA-Komponenten (Turm, Nabe, Blatt, maschinenbauliche Komponenten)<br>- Software(Simpack): Einführung in Benutzung der Programme und die Grundlagen aeroelastischer Berechnungen bzw. Mehr-körpersimulation<br><br>Übung und Seminar<br>• Es werden Hörsaalübungen sowie Simulationsseminar angeboten bzw. durchgeführt. |
| 14. Literatur: | - Vorlesungsfolien im ILIAS<br>- Übungsblätter im ILIAS<br>- Windkraftanlagen (R. Gasch, J. Twele)<br>- Wind Energy Explained: Theory, Design and Application (James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 308801 Vorlesung Entwurf von Windenergieanlagen I (WEA I)<br>• 308802 Übung Entwurf von Windenergieanlagen I (WEA I) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit Entwurf von Windenergieanlagen I, Vorlesung: 24 Stunden<br>Selbststudium Entwurf von Windenergieanlagen I , Vorlesung: 62 Stunden<br>Präsenzzeit Entwurf von Windenergieanlagen I, Übung: 8 Stunden<br>Selbststudium Entwurf von Windenergieanlagen I , Übung: 70 Stunden<br><br>Präsenzzeit Simulationseminar: 8 Stunden<br><br>Selbststudium Simulationseminar: 8 Stunden<br>Summe: 180 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 30881 Windenergie 3 - Entwurf von Windenergieanlagen (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | 30890 Windenergie 4 - Windenergie-Projekt |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | Lehrstuhl Windenergie |

# 212 Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT

Zugeordnete Module:
- 2121 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung
- 2122 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung
- 57170 Einführung in die Finite Elemente Methode

# Modul: 57170 Einführung in die Finite Elemente Methode

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br><br>• kennen die wichtigsten theoretischen Grundlagen zur Modellierung mechanischer Strukturen mit Finiten Elementen,<br>• können die Gleichgewichtsbedingungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen, lösen und auswerten. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | - Grundlagen und Anwendungen von Finite-Elemente-Modellen,<br>- Stab-, Balken- und Stab-Balken-Element,<br>- Thermische Lasten und Vorspannung,<br>- Elemente aus Mehrkörpersystemen,<br>- Koordinatentransformationen bei Finiten Elementen,<br>- Zusammenstellung von Gesamtmodellen,<br>- Nachlaufrechnung. |
| 14. Literatur: | • Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 2002<br>• Munz, C.-D.; Westermann, T.: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen. 2. Aufl. Dordrecht [u.a.]: Springer, 2009<br>• Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.: The finite element method for solid and structural mechanics. 6. Aufl., Nachdruck. Amsterdam [u.a.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006<br>• Skript<br>• zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung mit Übungen: 90 h<br>(Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57171 Einführung in die Finite Elemente Methode (BSL), schriftliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | • 45660 Finite Elemente in der Statik und Dynamik<br>• 45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D<br>• 49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II<br>• 49620 Modellbildung für Finite Elemente I<br>• 49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)<br>• 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)<br>• 49660 Nichtlineare Finite Elemente<br>• 49670 Seminar Angewandte Finite Elemente |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# 2121 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung

# 2122 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module:

37090 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung
44040 Analyse tropfendynamischer Prozesse
44110 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle
44170 CFD-Programmierseminar
44210 Deformationsanalyse
44220 Differenzenverfahren hoher Genauigkeit
44240 Digitale Strömungsvisualisierung
44270 Discontinuous-Galerkin-Verfahren
44320 Ein- und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie
44480 Geometrische Überwachung: Messung und Analyse
44570 Industrielle Messtechnik
44660 Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren
44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen
44840 Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation
44850 Messverfahren des Wärmetransports
44910 Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen
44920 Numerische Strömungsmechanik
44930 Numerische Strömungssimulation
44940 Numerische Verbrennungssimulation
45000 Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren
45210 Strömungsmesstechnik
45220 Strömungsmesstechnik und Visualisierung
45300 Tragwerksoptimierung
45320 Turbulenz
45340 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen
45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D
45680 Optimale Tragwerksauslegung
48380 Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik
49580 Statik III
49590 Aeroelastizität I+II
49600 Aeroelastizität I
49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II
49620 Modellbildung für Finite Elemente I
49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden
49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)
49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)
49660 Nichtlineare Finite Elemente
49670 Seminar Angewandte Finite Elemente
50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I
51620 Hochtemperatur-Messtechnik

# Modul: 49600 Aeroelastizität I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600119 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Gunter Faust |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strukturmechanik, Strömungsmechanik, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können im Rahmen der Aeroelastizität I komplexe statische Systeme inklusive des rückgekoppelten (nichtlinearen) Effektes modellieren, um Aussagen hinsichtlich des Spannungsproblems (Festigkeit und Gebrauchfähigkeit) und der Torsions- und Biegedivergenz von Flugkörpern zu treffen. Sie beherrschen den Vergleich einer analytischen Lösung eines ungepfeilten Flügels mit einer numerischen Finite Elementlösung und können die Stärken und Schwächen der jeweiligen Lösungsansätze aufzeigen. |
| 13. Inhalt: | **Aeroelastizität I:**<br>Statische Aeroelastizität:<br>Spannungsproblem (Festikeits- u. Gebrauchsnachweis),<br>Stabilitätsproblem (Divergenzverhalten)<br>Torsionsdivergenz, Modellbeschreibung,Flügelquerschnitt ohne Ruder<br>Biegedivergenz schlanker Flugkörper<br>Ruderwirksamkeit, Modellbeschreibung, Flügelquerschnitt mit Ruder |

| | |
|---|---|
| | Höhenleitwerkswirksamkeit<br>Analytische und numerische Lösung (FE)/ Torsionsdivergenz des ungepfeilten Tragflügels<br>Biege- u. Torsionsdivergenz des gepfeilten Tragflügels<br>Biegedivergenz - Tragflügel mit kleiner Streckung<br>Querruderwirksamkeit - räumliches Problem |
| 14. Literatur: | Försching, H.W.(1974); Grundlagen der Aeroelatizität, Springer.<br>Bisplinghoff, R.L.el. all. (1955); Aeroelasticity, Dover.<br>Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496001 Vorlesung & Übung Aeroelastizität I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49601 Aeroelastizität I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49590 Aeroelastizität I+II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600120 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Gunter Faust |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strukturmechanik, Strömungsmechanik, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können durch die Aeroelastizität I komplexe statische Systeme inklusive des rückgekoppelten (nichtlinearen) Effektes modellieren, um Aussagen hinsichtlich des Spannungsproblems (Festigkeit und Gebrauchfähigkeit) und der Torsions- und Biegedivergenz von Flugkörpern zu treffen. Sie beherrschen den Vergleich einer analytischen Lösung eines ungepfeilten Flügels mit einer numerischen Finite Elementlösung und können die Stärken und Schwächen der jeweiligen Lösungsansätze aufzeigen.<br><br>Durch Aeroelastizität II kennen die Studierenden mathematische Methoden,<br><br>mittels derer das komplexe Wechselspiel aus dynamischen Luftkräften und dynamischer Strukturverformung modelliert und numerisch gelöst werden kann. |
| 13. Inhalt: | **Aeroelastizität I:**<br><br>Statische Aeroelastizität:<br><br>Spannungsproblem (Festikeits- u. Gebrauchsnachweis),<br><br>Stabilitätsproblem (Divergenzverhalten) |

Torsionsdivergenz, Modellbeschreibung, Flügelquerschnitt ohne Ruder

Biegedivergenz schlanker Flugkörper

Ruderwirksamkeit, Modellbeschreibung, Flügelquerschnitt mit Ruder

Höhenleitwerkswirksamkeit

Analytische und numerische Lösung (FE)/Torsionsdivergenz des ungepfeilten Tragflügels

Biege- u. Torsionsdivergenz des gepfeilten Tragflügels

Biegedivergenz - Tragflügel mit kleiner Streckung

Querruderwirksamkeit - räumliches Problem

**Aeroelatizität II:**

Dynamische Aeroelastizität:

Spannungsproblem (Festigkeits- u. Gebrauchsnachweis),

Stabilitätsproblem (Flattern)

Mathematische Grundlagen

Fourier-Reihe, reell + komplex

Fourier-Transformierte

Fouriertransformation der partikulären Lösung

Laplace-Transformation

Aerodynamik schwingender Auftriebsysteme (Potentialströmungen)

Aerodynamik - Grundlagen, Grundbegriffe, Übersicht - Grundgleichungen reibungsfreier, inkompressibler Strömungen

Vereinfachung - rotationsfreie Strömung, Potential- und Druckgleichung

Verschiedene Näherungen für die Potential- und Druckgleichung

Näherungsstufen für die Potentialgleichung (Gâteaux-Ableitung)

Näherungsstufen für den Druckbeiwert

Harmonisch schwingende Aufriebssysteme

Tragflügel in zweidimensionaler stationärer inkompressibler Strömung

Fourierabgleich nach Küssner

Beispiel Schlagschwingung

Flattergleichung

14. Literatur:

Försching, H.W.(1974); Grundlagen der Aeroelatizität, Springer.

Bisplinghoff, R.L.el. all. (1955) ; Aeroelasticity, Dover.

| | |
|---|---|
| | Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 495901 Vorlesung Aeroelastizität I+II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49591 Aeroelastizität I+II (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44040 Analyse tropfendynamischer Prozesse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700402 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Norbert Roth |
| 9. Dozenten: | Norbert Roth |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können Prozesse mit Tropfen in den Alltag einordnen<br>• Die Studierenden können Tropfen und Prozesse mit Tropfen physikalisch beschreiben<br>• Die Studierenden können mit ausgewählten verschiedenen Beschreibungsmethoden (Analytik, Numerik, Experiment) umgehen<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung bei ausgewählten tropfendynamischen Prozessen |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die Physik von Tropfen<br>• Beschreibung von verschiedenen tropfendynamischen Prozessen<br>• Experimente zu ausgewähltem Prozess mit Tropfen<br>• Numerisches Experiment zu ausgewähltem Prozess mit Tropfen |
| 14. Literatur: | Weiterführende und vertiefende Literatur:<br>• P.-G. de Gennes et al.: Capillarity and Wetting Phenomena, Springer Verlag, 2004<br>• A. Frohn & N. Roth: Dynamics of Droplets, Springer Verlag, 2000<br>• Proceedings n-th ILASS |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440401 Vorlesung Analyse tropfendynamischer Prozesse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44041 Analyse tropfendynamischer Prozesse (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

| | |
|---|---|
| 19. Medienform: | Tafel, Overhead-Projektor, Folienpräsentation, Labortermine |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44110 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110153 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | • Ulrich Rist<br>• Peter Gerlinger |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• ausgewählte Turbulenzmodelle und Transportgleichungsmodelle<br>• Large-Eddy Simulation und hybride Verfahren<br>• turbulente Mischung und Verbrennung<br>• Fragen der Validierung und Implementierung<br>• typische Anwendungsergebnisse |
| 13. Inhalt: | • algebraische Modelle<br>• Ein- und Zweigleichungsmodelle<br>• Reynolds-Stress-Modelle<br>• Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion<br>• Grobstruktursimulation |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>John L. Lumley, First Course of Turbulence |

| | |
|---|---|
| | Stephen B. Pope, Turbulent Flows<br><br>David C. Wilcox: Turbulence Modeling for CFD |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441101 Vorlesung Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle<br>• 441102 Tutorium Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 32 h)<br>Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle, Tutorium: 30 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 23 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44111 Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44170 CFD-Programmierseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Claus-Dieter Munz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen einen Überblick über die praktische Implementierung numerischer Verfahren, die in aktuellen Strömungsmechanik- Rechenprogrammen benutzt werden. Die Studierenden sind in der Lage, einzelne Programmteile selbst zu modifizieren und das Rechenprogramm zu validieren. Sie können die Qualität und die Genauigkeit der erzielten numerischen Ergebnisse beurteilen. |
| 13. Inhalt: | Diese Vorlesung behandelt die Umsetzung der numerischen Verfahren der Strömungsmechanik in Rechenprogramme. Zunächst wird mit einem vorgegebenen Rechenprogramm, einem Finite-Volumen-Verfahren für kompressible Strömungen auf einem unstrukturierten Gitter, eine Keilströmung simuliert. Danach kann man selbst Teile des Programms mit entwickeln und validieren. So werden in einem Projekt verschiedene Flussfunktionen programmiert und untersucht oder auch eine Erweiterung auf die Genauigkeit 2. Ordnung ausgeführt. Eigene Programmierung, Validierung und Anwendung des modifizierten Programms unter Anleitung sind die wesentlichen Aktivitäten in dieser praktischen Lehrveranstaltung. In Rahmen von Kurzvorträgen wird über die Ergebnisse berichtet. |
| 14. Literatur: | |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 441701 Seminar CFD-Programmierseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenszeit 35 h, Selbststudium 55 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44171 | CFD-Programmierseminar (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 44210 Deformationsanalyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062300083 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Volker Schwieger |
| 9. Dozenten: | Volker Schwieger |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können Verschiebungen und Deformationen nach statistischen Methoden bestimmen und analysieren. Dabei werden random-walk, kinematische, statische und dynamische Modelle beherrscht. Des Weiteren verstehen die Studierenden die Konzepte von Sensitivität und Trennbarkeit. |
| 13. Inhalt: | • Deformationsanalyse im Kongruenzmodell: Zwei- und Mehr-Epochenvergleich, Globaltest, Hypothesentests zur Lokalisierung von Deformationen<br>• Kinematische Deformationsanalyse<br>• Kalman-Filter in der Deformationsanalyse<br>• Statische und dynamische Analyse, Stress und Strain, Integration dynamischer Systeme in das Deformationsmodell<br>• Sensitivität und Trennbarkeit von Überwachungsmessungen |
| 14. Literatur: | Welsch, W., Heunecke, O., Kuhlmann, H.: Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen. Grundlagen, Methoden, Modelle. In: Möser, Müller, Schlemmer, Werner (Hrsg.): Handbuch Ingenieurgeodäsie, H. Wichmann Verlag, Heidelberg, 2000. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442101 Vorlesung Deformationsanalyse<br>• 442102 Übung Deformationsanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Deformationsanalyse, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Deformationsanalyse, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44211 Deformationsanalyse (BSL), mündliche Prüfung, 15 Min., Gewichtung: 1.0 |

| | |
|---|---|
| • V | Vorleistung (USL-V), schriftlich, eventuell mündlich |

18. Grundlage für ... :

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 44220 Differenzenverfahren hoher Genauigkeit

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110122 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, Finite-Differenzen-Verfahren zu verstehen, anzuwenden und zu entwerfen, besonders unter dem Aspekt hoher Lösungsgenauigkeit und Stabilität. |
| 13. Inhalt: | Gewöhnliche Differentialgleichungen (G-DGLs) Revisited<br>• Optimierungsstrategien für hohe Genauigkeit: Low Dissipation/ Dispersion<br>• Diagrammkatalog I: Stabilitätsbereiche und Lösungseigenschaften von G-DGL-Lösern (Zeitintegrationsverfahren für P-DGLs)<br>• Gleichungssysteme: Steifigkeit, inhärente Instabilität, direkte Verfahren<br>Partielle Differentialgleichungen (P-DGLs)<br>• Differenzieren: kompakte Finite Differenzen, Fourier-Spektralmethode<br>• Parabolische DGL: Viskoses Zeitschritt-Limit, Genauigkeitsoptimierung, Instabilitätsursachen<br>• Hyperbolische DGL: Konvektives Zeitschritt-Limit, Genauigkeitsoptimierung, Instabilitätsursachen<br>• Philosophie der 4 Verfahrens-Grundtypen: Dämpfung, Upwind-Verfahren, McCormack-Typ-Verfahren, Filterung/De-Aliasing<br>• Diagrammkatalog II: Eigenschaften ausgewählter FD-Zeitschrittverfahren hoher Genauigkeit für die Advektions-/ Diffusionsgleichung<br>• Gittertransformation: grundlegende Vorgehensweisen, Genauigkeitsanalysen |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>A robust high-resolution split-type compact FD-scheme for spatial direct numerical simulation of boundary-layer transition. M.J. Kloker, Applied Scientific Research 59 (4), 1998, pp. 353-377.<br><br>Direct numerical simulation of noise-generation mechanisms in the mixing layer of a jet. A. Babucke, doctoral thesis, Dr. Hut, Munich, 2009. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442201 Vorlesung FD-Verfahren hoher Genauigkeit |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudiumszeit:62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44221 Differenzenverfahren hoher Genauigkeit (BSL), mündliche Prüfung, 25 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44240 Digitale Strömungsvisualisierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110151 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | Ulrich Rist |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Die Studierenden kennen**<br>• die Visualisierungspipeline und deren Umsetzung in Softwarepaketen<br>• die physiologischen und psychologischen Aspekte der Datenvisualisierung<br>• die mathematischen und computergrafischen Grundlagen der Visualisierung<br>• grundlegende und spezielle Darstellungstechniken<br>• Techniken zur Daten- und zur Phänomenvisualisierung<br>• Verfahren zur Visualisierung, Extraktion und Verfolgung von Strömungsfeldstrukturen<br>• Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen ausgewählter Verfahren<br>• den Stand der Forschung im Bereich Visualisierung<br><br>**Die Studierenden sind in der Lage**<br>• Visualisierungsartefakte von Messfehlern oder Fehlern der Modellierung bzw. Simulation unterscheiden zu können<br>• Strömungsdaten in sinnvolle und verständliche Darstellungen umzusetzen und die dabei durchgeführten Schritte und möglichen Fehlerquellen zu verstehen |
| 13. Inhalt: | Die Vorlesung soll eine Einführung in die Visualisierung numerischer Strömungsfelder geben. Grundlage ist die Darstellung dreidimensionaler |

| | |
|---|---|
| | instationärer Daten, die entweder als Ergebnis numerischer Berechnungen oder als Messwerte diskret im Raum und in der Zeit vorliegen. |
| 14. Literatur: | • F.H. Post, Th. v. Walsum: Fluid Flow Visualization; in: H. Hagen, H. Müller, G.M. Nielson (Eds.): Focus on Scientific Visualization, Springer Verlag, 1993<br>• G.M. Nielson, H. Hagen, H. Müller: Scientific Visualization, Overviews, Methodologies, and Techniques, IEEE Computer Society, 1997<br>• J. Stary: Visualisieren, ein Studien- und Praxisbuch, Cornelsen Scriptor, Berlin, 1997<br>• Kopien der Folien (auch elektronisch) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442401 Vorlesung Digitale Strömungsvisualisierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h,<br>Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44241 Digitale Strömungsvisualisierung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44270 Discontinuous-Galerkin-Verfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120133 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren:**<br>Die Studierenden besitzen grundlegende Kenntnisse über DG-Verfahren und verschiedene Implementierungsstrategien. Sie besitzen Kenntnis über die einzelnen nötigen Bausteine und können diese implementieren. Zudem haben sie eine Vorstellung über den allgemeinen Programmablauf.<br><br>**Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren:**<br>Die Studierenden besitzen einen Überblick über die Discontinuous-Galerkin-Verfahren welche aktuell Thema der Forschung sind. Die Studierenden haben eine Vorstellung über die Eigenschaften, das Potential und die Anwendbarkeit dieser Verfahren. Sie sind zudem in der Lage je nach Anwendung die richtige Variante des DG Verfahrens zu wählen. |
| 13. Inhalt: | **Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren:**<br>Es werden die wichtigsten Bausteine und Operatoren des DG-Verfahrens hergeleitet, implementiert und zur Verfügung gestellt. Besonderer Fokus liegt auf der Beurteilung der Effizienz verschiedener Varianten. Jeder Studierende erhält eine Programmieraufgabe im Kontext von DG-Verfahren welche mit einer beliebigen Programmiersprache umgesetzt werden soll.<br><br>**Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren:**<br>Nötige mathematische Grundlagen wie etwa Interpolation und Projektion bilden die Grundlage der Vorlesung. Anhand eines 1D Problems wird das |

| | |
|---|---|
| | DG-Vefahren hergeleitet und die nötigen Bausteine erläutert. Ausgehend davon, wird das DGVerfahren für mehrere Dimensionen hergeleitet und verschiedene Varianten konstruiert und diskutiert. Fokus liegt dabei auf Diskretisierungen mit<br>Dreiecksgittern und Viereckgittern, wobei auch die Approximation mit gekrümmten Elementen diskutiert wird. Die Umsetzung des Verfahrens in einem Rechenprogramm wird erläutert und den Studierenden zur Verfügung gestellt. |
| 14. Literatur: | Ein Skript wird zur Verfügung gestellt.<br>„Nodal Discontinuous Galerkin Methods" von Jan Hesthaven und Tim Warburton<br>„Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations" von David Kopriva<br>Weitere Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442701 Vorlesung Konstruktion von Discontinuous Galerkin Verfahren<br>• 442702 Vorlesung Programmierung von Discontinuous Galerkin Verfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Konstruktion von Discontinuous Galerkin Verfahren: 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Programmierung von Discontinuous Galerkin Verfahren: 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44271 Discontinuous-Galerkin-Verfahren (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44320 Ein- und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120303 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Uwe Iben |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• Wissen, was Mehrphasenströmungen sind<br>• Wissen, was Kavitation ist<br>• Wissen, was Luftausgasung ist<br>• Wissen, wie man Modelle für Phasenübergang und Luftausgasung erstellt und anwendet<br>• Verstehen, warum Strömungsmechanik und Thermodynamik so eng miteinander verbunden sind<br>• Wissen, was Zustandsgleichungen für Flüssigkeiten sind<br>• Wissen, wie man für technische Fragestellungen, bei denen Mehrphasenströmungen zugrunde liegen, Lösungsansätze findet.<br>Hierzu gibt es verschiedene Beispiele unterschiedlicher Komplexität. |
| 13. Inhalt: | Grundlagen der Strömungsmechanik<br>• Hydrostatik<br>• Zugspannungen in Flüssigkeiten<br>• Kräfte auf Wände<br>• Fliessverhalten<br>• Strömungsformen<br>• Kompressibilität, Schallgeschwindigkeit<br>Kompression und Expansion von kompressiblen Flüssigkeiten<br>• Zustandsänderungen |

| | |
|---|---|
| | Grundgleichungen der Strömungsmechanik<br>• Navier-Stokes-Gleichungen<br>• Eindimensionale Erhaltungsgleichungen<br>• Das p-System<br>• Unstetige Querschnittsänderungen<br>• Numerische Berechnung des Verlustbeiwertes<br>Anwendung der Grundgleichungen<br>• 6 Beispiele aus verschiedenen industriellen Anwendungen<br><br>Zweiphasenströmungen<br>• Modellierung von kavitierenden Strömungen<br>• Barotrope Zweiphasenströmungen<br>• Homogene Gleichgewichtszweiphasenströmung<br>• Inhomogene Zweiphasenströmungen<br>• Stoffübergang an der Phasengrenze<br>• Verdampfen und Kondensieren von reinen Flüssigkeiten<br>• Numerische Auswertung<br>• Blasendynamik<br>• Luftgehalt in Flüssigkeiten<br>• Stossfronten im Zweiphasengebiet<br>• Koaliszenz von zwei Luftblasen in Flüssigkeit<br>• Fluid-Partikel-Strömungen<br>• Reibungsmodelle für 1D-Strömungsmodelle<br>• Eigenfrequenz hydraulischer Systeme |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Foliensatz der Vorlesung wird zur Verfügung gestellt, weiterhin wird ein Skript auf folgender Seite bereitgestellt: http://www.iag.unistuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html<br>Bücher:<br>Clift, Grace, Weber. Bubbles, Drops and Particles. Dover<br>Frohn, Roth. Dynamics of Droplets. Springer. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443201 Vorlesung Ein-und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44321 Ein- und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600123 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Michael Reck |
| 9. Dozenten: | Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Die Studierenden sind bereits mit den Grundlagen der finiten Elementen aus dem Fach "Einführung in die Finite-Elemente-Methode (Diskretisierung I)" vertraut. |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die allgemeinen und speziellen physikalischen Grundlagen für die Finite-Elemente-Methode,<br>• sind mit den Ansätzen verschiedener Elemente für den 1D-, 2D- und 3D-Raum vertraut,<br>• können die Gleichungssysteme für verschiedene Ein- und Mehrfeldprobleme erstellen,<br>• sind mit den theoretischen Verfahren in der Strukturmechanik vertraut, welche durch Reduktion der Freiwerte im Ansatz direkt zum linearen Gleichungssystem führen,<br>• sind mit den theoretischen Verfahren so weit vertraut, dass diese zur Programmierung eingesetzt werden können,<br>• kennen die Methoden der Nachlaufrechnung, sowie deren Vor- und Nachteile. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | • Das physikalische Grundprinzip, nach dem die Natur den Weg des geringsten Widerstandes geht,<br>• Variationsrechnung, das Prinzip von Galerkin, Ein- und Mehrfeldprinzipe,<br>• Ansätze für rechteckige und dreieckige Elemente im 2D-Raum, sowie Elemente im 3D-Raum,<br>• Erstellen des Gleichungssystems für verschiedene Ein- und Mehrfeldprobleme,<br>• reduzierte Ansätze zum Lösen von Randwertaufgaben in der Strukturmechanik mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode,<br>• das Konzept der isoparametrischen Elemente,<br>• Matrizen und Vektoren wie z.B. kinematisch konsistente Lasten, Dehnungs-Verschiebungsmatrizen und Jakobi-Matrizen zum Zwecke der Programmierung der bisher erlernten Theorie,<br>• numerische Integration der Steifigkeit,<br>• Barlow-Spannungspunkte zur Spannungs- und Dehnungsberechnung.<br>• Konvergenzbetrachtung und Pach-Test der Finite-Elemente-Methode. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br><br>Ergänzende Vortragsfolien<br><br>Zusätzliche Übungen<br><br>J. Betten, Finite Elemente für Ingenieure 1, Grundlagen, Matrixmethoden, elastisches Kontinuum, Springer Verlag Berlin, zweite Auflage, 2003<br><br>J. Betten, Finite Elemente für Ingenieure 2, Variationsrechnung, Energiemethoden, Näherungslösungen, Nichtlinearitäten, numerische Integration, Springer Verlag Berlin, zweite Auflage, 2004<br><br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, zweite Auflage, 2002<br><br>O. C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, McGraw-Hill, Book Company. (Deutsche Übersetzung als Hanser Fachbuch), Third edition, 1977<br><br>K. Knothe, H. Wessels, Finite-Elemente, Eine Einführung für Ingenieure, Springer Verlag, Heidelberg, vierte Auflage, 2008 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496401 Vorlesung Finite Elemente II (Diskretisierung II) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49641 Finite Elemente II (Diskretisierung II) (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | • 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)<br>• 49660 Nichtlineare Finite Elemente |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen |

# Modul: 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rafael Jarzabek |
| 9. Dozenten: | Rafael Jarzabek |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente II (Diskretisierung II) |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind bereits mit den Grundlagen der Finiten Elemente vertraut. Sie können die numerische Methode der finiten Elemente auf zeitlich veränderliche physikalische Probleme anwenden. Die Studierenden sind mit weiteren relevanten Grundlagen in den Fächern der finiten Differenzen und der Variationsrechnung vertraut.<br><br>Die sich aus der theoretischen Formulierung ergebenden numerischen Prinzipien können in den Fächern der Thermodynamik und Dynamik angewandt werden, so dass der Studierende ein vertieftes Verständnis für das implizite sowie explizite Verfahren, die integralen Methoden und die Methode der Least-Squares besitzt. |
| 13. Inhalt: | • Finite Differenzen. Zusammenfassung und Beispiele in der Mechanik.<br>• Variationsrechnung. Was ist der Unterschied zwischen der Differential- und Variationsrechnung?<br>• Herleitung des Prinzips der virtuellen Arbeit mittels der Variationsrechnung.Findet eine Energieerhaltung oder ein Verlust an Energie in der Mechanik statt? |

| | |
|---|---|
| | • Darstellung der globalen und lokalen Variationsbetrachtungen.<br>• Darstellung und Vergleich der Variationsmethoden im Raum: Rayleigh-Ritz, Galerkin, Kollokation, Least-Squares,<br>• Variationsmethoden in der Thermodynamik: implizites- / explizites- / Crank-Nicolson Verfahren, Galerkin- Verfahren, Kollokationsbetrachtung, Least-Squares-Verfahren, Time-Discontinuous-Verfahren.<br>• Lokale und globale Variationsmethoden in der Dynamik: Rayleigh-Ritz, Galerkin-Verfahren, Least-Squares Verfahren, implizite- / explizites-Verfahren, Time-Discontinuous-Verfahren.in der Zweifeldformulierung.<br>• Stabilitätsbetrachtung der expliziten thermodynamischen und dynamischen Verfahren.<br>• Nicht lineare Gleichungssysteme, resultierend aus nicht linearen Differentialgleichungen. |
| 14. Literatur: | J. Betten, Finite Elemente für Ingenieure, Band I und IIW. Wunderlich, Mechanics of structures, Variational and computational methods |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496501 Vorlesung Finite Elemente III |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49651 Finite Elemente III (Diskretisierung III) (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44480 Geometrische Überwachung: Messung und Analyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062300081 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Volker Schwieger |
| 9. Dozenten: | • Volker Schwieger<br>• Annette Schmitt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können verschiedenartige Sensorik für industrielle Anwendungen bewerten, einsetzen und kombinieren, sowie Datenerfassung mittels graphischer Entwicklungsumgebung entwickeln und programmieren. Außerdem können sie Verschiebungen und Deformationen nach statistischen Methoden bestimmen und analysieren. Dabei werden random-walk, kinematische, statische und dynamische Modelle beherrscht. |
| 13. Inhalt: | • Aufgaben der industriellen Messtechnik<br>• Punktdefinition und Messadapter<br>• Mechanische Streckenmessung<br>• Wegaufnehmer und Messuhren<br>• Interferometrische Streckenmessung<br>• Interferometrische Winkelmessung<br>• Theodolitmesssysteme: Grundprinzip, Genauigkeit, Orientierung der Theodolite, Systemeigenschaften<br>• Lasertracker: Grundprinzip, Genauigkeit, Systemeigenschaften<br>• Koordinatenmessmaschinen und weitere mechanische Realisierungen (z. B. Messarme)<br>• Optical Tooling<br>• Weitere Spezialverfahren in der industriellen Messtechnik<br>• Deformationsanalyse im Kongruenzmodell: Zwei- und Mehr-Epochenvergleich, Globaltest, Hypothesentests zur Lokalisierung von Deformationen<br>• Kinematische Deformationsanalyse<br>• Kalman-Filter in der Deformationsanalyse<br>• Statische und dynamische Analyse, Stress und Strain, Integration dynamischer Systeme in das Deformationsmodell<br>• Sensitivität und Trennbarkeit von Überwachungsmessungen |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | • Schlemmer, H.: Grundlagen der Sensorik. Wichmann Verlag, Heidelberg, 1996.<br>• Schwarz, W. (Red.): Vermessungsverfahren im Maschinen- und Anlagenbau. Schriftenreihe des DVW, Heft 13/1995, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart, 1995<br>• Welsch, W., Heunecke, O., Kuhlmann, H.: Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen. Grundlagen, Methoden, Modelle. In: Möser, Müller, Schlemmer, Werner (Hrsg.): Handbuch Ingenieurgeodäsie, H. Wichmann Verlag,Heidelberg, 2000. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444801 Vorlesung Industrielle Messtechnik<br>• 444802 Übung Industrielle Messtechnik<br>• 444803 Vorlesung Deformationsanalyse<br>• 444804 Übung Deformationsanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Industrielle Messtechnik, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h )<br>Industrielle Messtechnik, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h )<br>Deformationsanalyse, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h )<br>Deformationsanalyse, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h )<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44481 Geometrische Überwachung: Messung und Analyse (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), schriftlich, eventuell mündlich |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 51620 Hochtemperatur-Messtechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700182 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rico Poser |
| 9. Dozenten: | Rico Poser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die theoretischen Grundlagen der Wärmestrahlung, der Abbildungsoptik und wichtiger Messgeräte der optischen Pyrometrie.<br>• kennen die Bedeutung wichtiger Begriffe der Hochtemperatur-Messtechnik (z.B. Pseudotemperaturen).<br>• können geeignete Messverfahren für eine gestellte Messaufgabe auswählen und sind in der Lage die gewonnenen Messdaten auszuwerten.<br>• kennen wichtige Einflussgrößen zur Messfehlerabschätzung. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen zu Wärmestrahlung, Abbildungsoptik, Messgeräte der optischen Pyrometrie<br>• Temperaturmessung über Wärmestrahlung der Festkörper und Flüssigkeiten (u.a. Messprinzipien, Vergleichsstrahler, Pseudotemperaturen, Geräte, Emissionsgradbestimmung)<br>• Temperaturmessung über Wärmestrahlung der Gase (u.a. Messprinzipien, Anregung innerer Freiheitsgrade, Ionisierte Gase im Gleichgewicht, Auswerteverfahren, Strahldichtebestimmung, Abel-Inversion zylindersymmetrischer Strahler) |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung (Entwurf)<br>Bernhard: Technische Temperaturmessung, 2004<br>Kühlke: Optik - Grundlagen und Anwendungen, 2007<br>Hartmann: High-temperature measurement techniques for the application in photometry, radiometry and thermometry, 2009 |

| | |
|---|---|
| | Demtröder: Laserspektroskopie 1 - Grundlagen, 2011 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 516201 Vorlesung Hochtemperatur-Messtechnik<br>• 516202 Praktikum Hochtemperatur-Messtechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Hochtemperatur-Messtechnik, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Hochtemperatur-Messtechnik, Praktikum (freiwillig): 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 51621 Hochtemperatur-Messtechnik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Folienpräsentation, Anschauungsmaterial |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44570 Industrielle Messtechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062300082 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Volker Schwieger |
| 9. Dozenten: | • Volker Schwieger<br>• Annette Schmitt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können verschiedenartige Sensorik für industrielle Anwendungen bewerten, einsetzen und kombinieren, sowie Datenerfassung mittels graphischer Entwicklungsumgebung entwickeln und programmieren. |
| 13. Inhalt: | • Aufgaben der industriellen Messtechnik<br>• Punktdefinition und Messadapter<br>• Mechanische Streckenmessung<br>• Wegaufnehmer und Messuhren<br>• Interferometrische Streckenmessung<br>• Interferometrische Winkelmessung<br>• Theodolitmesssysteme: Grundprinzip, Genauigkeit, Orientierung der Theodolite, Systemeigenschaften<br>• Lasertracker: Grundprinzip, Genauigkeit, Systemeigenschaften<br>• Koordinatenmessmaschinen und weitere mechanische Realisierungen (z. B. Messarme)<br>• Optical Tooling<br>• Weitere Spezialverfahren in der industriellen Messtechnik |
| 14. Literatur: | • Schlemmer, H.: Grundlagen der Sensorik. Wichmann Verlag, Heidelberg, 1996.<br>• Schwarz, W. (Red.): Vermessungsverfahren im Maschinen- und Anlagenbau. Schriftenreihe des DVW, Heft 13/1995, Verlag Konrad Wittwer,<br>Stuttgart, 1995 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445701 Vorlesung Industrielle Messtechnik<br>• 445702 Übung Industrielle Messtechnik |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Industrielle Messtechnik, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Industrielle Messtechnik, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44571 Industrielle Messtechnik (BSL), mündliche Prüfung, 15 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), Studienbegleitend |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44660 Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120131 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen einen Überblick über die Discontinuous-Galerkin- Verfahren welche aktuell Thema der Forschung sind. Die Studierenden haben eine Vorstellung über die Eigenschaften, das Potential und die Anwendbarkeit dieser Verfahren. Sie sind zudem in der Lage je nach Anwendung die richtige Variante des DG Verfahrens zu wählen. |
| 13. Inhalt: | Nötige mathematische Grundlagen wie etwa Interpolation und Projektion bilden die Grundlage der Vorlesung. Anhand eines 1D Problems wird das DG-Vefahren hergeleitet und die nötigen Bausteine erläutert. Ausgehend davon, wird das DGVerfahren für mehrere Dimensionen hergeleitet und verschiedene Varianten konstruiert und diskutiert. Fokus liegt dabei auf Diskretisierungen mit Dreiecksgittern und Viereckgittern, wobei auch die Approximation mit gekrümmten Elementen diskutiert wird. Die Umsetzung des Verfahrens in einem Rechenprogramm wird erläutert und den Studierenden zur Verfügung gestellt. |
| 14. Literatur: | Ein Skript wird zur Verfügung gestellt.<br>„Nodal Discontinuous Galerkin Methods" von Jan Hesthaven und Tim Warburton<br>„Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations" von David Kopriva<br>Weitere Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446601 Vorlesung Konstruktion von Discontinuous Galerkin Verfahren |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44661 Konstruktion von Discontinuous-Galerkin-Verfahren (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600114 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Methoden zur Beurteilung der Schädigung von schwingend beanspruchten Konstruktionen des Maschinenwesens und speziell der Luft- und Raumfahrt.<br>• Sie beherrschen die rechnerischen und experimentellen Verfahren bzw. Konzepte zur Abschätzung der Lebensdauer einer Konstruktion und deren Elemente. Sie sind in der Lage, Ergebnisse der Lebensdauerabschätzung kritisch zu hinterfragen und zu beurteilen. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen die Unterschiede zwischen zügigen und zyklischen Materialkennwerten und beherrschen die Prüftechniken zur Ermittlung dieser Kennwerte.<br>• Die Studierenden sind vertraut mit den verschiedenen Verfahren zur Analyse und Synthese von Betriebsbeanspruchungen und wissen diese bei den unterschiedlichen Schadensakkumulationsmodellen entsprechend zu berücksichtigen. Sie sind vertraut mit den aktuellen problemorientierten Standard-Last-Zeit-Sequenzen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Festigkeit rissbehafteter Bauteile zu bestimmen, unter Berücksichtigung des entsprechenden Spannungs- bzw. Verformungszustandes.<br>• Sie kennen die verschiedenen Bruchmechanik-Parameter und deren vornehmliche Anwendungsbereiche sowie Vorgehensweisen zur Bestimmung des Rissfortschritts unter zyklischer Bauteilbeanspruchung. |
| 13. Inhalt: | • Einstufenversuch (Wöhlerversuch)<br>• Ermüdungsfestigkeit - Mechanismus und Einflüsse<br>• Statistische Auswertung<br>• Zählverfahren<br>• Betriebsfestigkeitsversuch<br>• Schadensakkumulation<br>• Randomversuche<br>• Analyse und Synthese von Lastabläufen<br>• Erscheinungsformen des Bruches<br>• Griffithsche Theorie<br>• Spannungsintensitätsfaktor<br>• Rissausbreitungsmodi<br>• Spannungsfeld um Rissspitze<br>• Plastische Zone<br>• R-Kurven-Konzept<br>• CTOD-Konzept<br>• J-Integral<br>• Dynamische Rissausbreitungsmodelle<br>• Lokales Konzept<br>• Rainflow-Zählmethode<br>• Gestaltsfestigkeit<br>• Standard-Lastfolgen<br>• Faserverbundwerkstoffe (MMC) |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448001 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik I<br>• 448002 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Materialermüdung und Bruchmechanik I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Materialermüdung und Bruchmechanik II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44801 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600125 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Methoden zur Beurteilung der Schädigung von schwingend beanspruchten Konstruktionen des Maschinenwesens und speziell der Luft- und Raumfahrt.<br>• Sie beherrschen die rechnerischen und experimentellen Verfahren bzw. Konzepte zur Abschätzung der Lebensdauer einer Konstruktion und deren Elemente. Sie sind in der Lage, Ergebnisse der Lebensdauerabschätzung kritisch zu hinterfragen und zu beurteilen. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen die Unterschiede zwischen zügigen und zyklischen Materialkennwerten und beherrschen die Prüftechniken zur Ermittlung dieser Kennwerte.<br>• Die Studierenden sind vertraut mit den verschiedenen Verfahren zur Analyse und Synthese von Betriebsbeanspruchungen und wissen diese bei den unterschiedlichen Schadensakkumulationsmodellen entsprechend zu berücksichtigen. Sie sind vertraut mit den aktuellen problemorientierten Standard-Last-Zeit-Sequenzen. |
| 13. Inhalt: | • Einstufenversuch (Wöhlerversuch)<br>• Ermüdungsfestigkeit - Mechanismus und Einflüsse<br>• Statistische Auswertung<br>• Zählverfahren<br>• Betriebsfestigkeitsversuch<br>• Schadensakkumulation<br>• Randomversuche<br>• Analyse und Synthese von Lastabläufen |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen<br><br>Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 500401 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 50041 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44840 Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120301 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | • Uwe Iben<br>• Felix Jägle |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• Wissen, was Mehrphasenströmungen sind<br>• Wissen, was Kavitation ist<br>• Wissen, was Luftausgasung ist<br>• Wissen, wie man Modelle für Phasenübergang und Luftausgasung erstellt und anwendet<br>• Verstehen, warum Strömungsmechanik und Thermodynamik so eng miteinander verbunden sind<br>• Wissen, was Zustandsgleichungen für Flüssigkeiten sind<br>• Wissen, wie man für technische Fragestellungen, bei denen Mehrphasenströmungen zugrunde liegen, Lösungsansätze findet. Hierzu gibt es verschiedene Beispiele unterschiedlicher Komplexität.<br>• Wissen, welche Methoden zur Simulation von Mehrphasenströmungen in Industrie und Wissenschaft verwendet werden<br>• Wissen, welche grundlegenden physikalischen Gesetze an Phasengrenzen und für einzelne Tropfen/Blasen gelten und wie diese mathematisch modelliert werden<br>• Wissen, was die direkte Simulation freier Grenzflächen ist, welche Methoden verwendet werden, verstehen deren Funktionsprinzip und kennen deren Vor- und Nachteile<br>• Kennen die Problematik der Simulation kompressibler Zweiphasenströmungen und die daraus resultierenden numerischen Ansätze |

- Wissen, was disperse Zweiphasenströmungen sind und welche Methoden zu deren Simulation es gibt, verstehen deren Funktionsprinzip und kennen deren Vor-und Nachteile

13. Inhalt:

Teil 1: Ein-und Mehrphasenströmungen und deren Anwendungen in der Industrie
Grundlagen der Strömungsmechanik
• Hydrostatik
• Zugspannungen in Flüssigkeiten
• Kräfte auf Wände
• Fliessverhalten
• Strömungsformen
• Kompressibilität, Schallgeschwindigkeit

Kompression und Expansion von kompressiblen Flüssigkeiten
• Zustandsänderungen

Grundgleichungen der Strömungsmechanik
• Navier-Stokes-Gleichungen
• Eindimensionale Erhaltungsgleichungen
• Das p-System
• Unstetige Querschnittsänderungen
• Numerische Berechnung des Verlustbeiwertes

Anwendung der Grundgleichungen
• 6 Beispiele aus verschiedenen industriellen Anwendungen

Zweiphasenströmungen
• Modellierung von kavitierenden Strömungen
• Barotrope Zweiphasenströmungen
• Homogene Gleichgewichtszweiphasenströmung
• Inhomogene Zweiphasenströmungen
• Stoffübergang an der Phasengrenze
• Verdampfen und Kondensieren von reinen Flüssigkeiten
• Numerische Auswertung
• Blasendynamik
• Luftgehalt in Flüssigkeiten
• Stossfronten im Zweiphasengebiet
• Koaliszenz von zwei Luftblasen in Flüssigkeit
• Fluid-Partikel-Strömungen
• Reibungsmodelle für 1D-Strömungsmodelle
• Eigenfrequenz hydraulischer Systeme

Teil 2: Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen
Grundlagen
• Modelle für Grenzflächen
• Oberflächenspannung
• Benetzung (Kontaktwinkel)
• Strömungswiderstand von Partikeln/Einzeltropfen
• Verdampfung

Direkte Simulation freier Grenzflächen
• Grenzflächenverfolgung: Lagrange-Methoden, VOF, Level-set
• Grenzflächenkopplung: Diffuse-Interface, Sharp-Interface Methoden
• Modellierung der Oberflächenspannung
• Kompressibel: Problematik, Ghost-Fluid, Riemannlöser

Simulation von dispersen Zweiphasenströmungen
• Euler-Lagrange Verfahren

| | |
|---|---|
| | • Euler-Euler Verfahren: Versch. Formulierungen, Polydispersion |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Folien werden als Skript zur Verfügung gestellt Verschiedene Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben. Weitere Information: http://www.iag.uni-stuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html<br>Bücher:<br>Clift, Grace, Weber. Bubbles, Drops and Particles. Dover<br>Frohn, Roth. Dynamics of Droplets. Springer.<br>Tryggvason, Scardiovelli, Zaleski. Direct Numerical Simulations of Gas-Liquid<br>Multiphase Flows. Cambridge. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448401 Vorlesung Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44841 Mehrphasenströmungen, Anwendungen und Simulation (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48380 Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400120 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Andreas Putz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die wichtigsten Messverfahren sowie -techniken kennen, welche in der Luft- und Raumfahrttechnik eingesetzt werden. Sie kennen die physikalischen Prinzipien hinter den Messverfahren sowie die Vor- bzw. Nachteile der Verfahren. Die Studenten haben die Fähigkeit, geeignete Messtechniken für verschiedene Anwendungen zu identifizieren. |
| 13. Inhalt: | Verschiedene Vorträge zu Messverfahren auf den folgenden Gebieten:<br><br>- Strömungsmechanik: Druckmesstechnik, Hitzdrahtanemometrie<br>- Thermodynamik: Wärmeübertragungsvorgänge, Tropfenuntersuchungen<br>- Strukturmechanik: Zerstörungsfreie Prüfung<br>- Raumfahrt: Satellitengestützte Messverfahren<br>- Windenergie: Wind-, Belastungs- und Leistungsmessungen an Windenergieanlagen<br>- Flugzeugbau: UAVs als Messplattformen<br>- Verbrennung: Emissionsmessung an Fluggasturbinen und Brennkammern<br>- Regelungstechnik: Schätzverfahren<br>- Industriebeitrag<br><br>Darüber hinaus gibt es noch einen Vortrag bezüglich der Thematik der Messunsicherheiten und Messfehler sowie einen Einführungsvortrag in LabVIEW. |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Profos, Paul; Pfeifer, Tilo: Grundlagen der Meßtechnik. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 5. Auflage, 1997. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 483801 Vorlesung Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48381 Messtechnik in der Luft- und Raumfahrttechnik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Beamergestützte Vorlesung und teilweise Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | Institut für Luftfahrtantriebe |

# Modul: 44850 Messverfahren des Wärmetransports

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700181 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rico Poser |
| 9. Dozenten: | Rico Poser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die theoretischen Grundlagen und Messprinzipien verschiedener Temperatur-, Wärmeleitfähigkeits- und Wärmestrommessverfahren.<br>• kennen die Bedeutung der wichtigsten dimensionslosen Kennzahlen und können mit deren Hilfe Versuche auslegen und planen.<br>• können geeignete Messverfahren für eine gestellte Messaufgabe hinsichtlich des Wärmetransports auswählen und sind in der Lage die gewonnenen Messdaten auszuwerten.<br>• kennen wichtige Einflussgrößen zur Messfehlerabschätzung. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen zu Wärmetransport, Wärmeübergangskoeffizient, Erhaltungsgleichungen, dimensionslosen Kennzahlen<br>• Messprinzipien verschiedener Temperaturmessverfahren (z.B. Widerstandsthermometer, Thermoelemente, Thermalfarben, Temperatursensitive Farben, Thermochromatische Flüssigkristalle, |

| | |
|---|---|
| | Infrarot); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. Einbausituationen, Fehlerquellen)<br>• Messprinzipien verschiedener Wärmeleitfähigkeitsmessverfahren (z.B. stationäre Verfahren, instationäre/transiente Verfahren)<br>• Messprinzipien verschiedener Wärmestrommessverfahren (z.B. Wand-Wärmestromsensoren, stationäre Verfahren, instationäre/ transiente Verfahren, Analogien); Anwendung der Messverfahren in der Praxis (z.B. am Originalbauteil, an Modellen, stationär vs. rotierend, Postprocessing, Fehlerbetrachtungen) |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung (Entwurf)<br>Eckert & Goldstein: Measurements in Heat Transfer, 2nd Ed., 1976<br>Bernhard: Technische Temperaturmessung, 2004<br>Incropera & DeWitt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 1996<br>Tropea, Yarin & Foss: Handbook of Experimental Fluid Mechanics, Springer, 2007 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448501 Vorlesung Messverfahren des Wärmetransports |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44851 Messverfahren des Wärmetransports (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Folienpräsentation, Anschauungsmaterial, 1x Labortermin, 1x Praxistermin |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 49620 Modellbildung für Finite Elemente I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ernst Schrem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die in den Basiskursen vermittelten Grundlagen werden durch anwendungsorientierte Kenntnisse erweitert, welche beim praktischen Einsatz der Methode der Finiten Elemente benötigt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der linearelastischen Berechnung von Bauteilen und Tragwerken: Lastabtragung, Verformungen (Steifigkeit), Festigkeit (Spannungen), Eigenschwingungen (Dynamik).<br><br>Die Studierenden können im Besonderen dabei die konstruktionsbegleitende Berechnung berücksichtigen, die immer größere Bedeutung erlangt gegenüber der reinen Nachrechnung bereits festgelegter Konstruktionen. Hier ist der Berechnungsingenieur als Partner des Konstrukteurs von Anfang an in den Konstruktionsprozeß eingebunden. Er kann dabei bereits in einer sehr frühen Phase durch die Modellierung, Berechnung und Bewertung von Zwischenlösungen einen wesentlichen Beitrag zur effizienten Produktentwicklung und zu besonders hochwertigen Ergebnissen liefern. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Teil I: Grundlagen der Modellbildung, Kontinua und Diskrete Systeme, Element-Netze, Festlegung der Systemgrenze, Lagerung, Diskretisierung der Belastung, Darstellung und Interpretation der Spannungsfelder. |
| 14. Literatur: | Vorlesungsmanuskript,<br>E. Schrem: Diskrete Mechanische Systeme (als pdf) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496201 Vorlesung Modellbildung für Finite Elemente I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49621 Modellbildung für Finite Elemente I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600122 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ernst Schrem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben ihre Grundlagenkenntnisse durch anwendungsorientierte Kenntnisse erweitert, dies befähigt sie zum praktischen Einsatz der Methode der Finiten Elemente. Dies im Besonderen bei der linearelastischen Berechnung von Bauteilen und Tragwerken: Lastabtragung, Verformungen (Steifigkeit), Festigkeit (Spannungen), Eigenschwingungen (Dynamik).<br><br>Die Studierenden können damit konstruktionsbegleitende Berechnungen durchführen, die immer größere Bedeutung erlangt gegenüber der reinen Nachrechnung bereits festgelegter Konstruktionen. Sie können z.B. als Berechnungsingenieur als Partner des Konstrukteurs von Anfang an im Konstruktionsprozeß unterstützen. Sie können dabei bereits in einer sehr frühen Phase durch die Modellierung, Berechnung und Bewertung von Zwischenlösungen einen wesentlichen Beitrag zur effizienten Produktentwicklung und zu besonders hochwertigen Ergebnissen liefern. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Teil I: Grundlagen der Modellbildung, Kontinua und Diskrete Systeme, Element-Netze, Festlegung der Systemgrenze, Lagerung, Diskretisierung der Belastung, Darstellung und Interpretation der Spannungsfelder.<br><br>Teil II: Diskrete mechanische Systeme, lineare Kinematik, Gleichgewichtskräftesysteme und Kraftfluss im Inneren, Aufbau und Lösung der Systemgleichungen der Statik und Dynamik, Voraussetzungen für Modellvereinfachungen, elastomechanischer Kontakt, redundante Freiheitsgrade. |
| 14. Literatur: | Vorlesungsmanuskript,<br><br>E. Schrem: Diskrete Mechanische Systeme (als pdf) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496101 Vorlesung Modellbildung für Finite Elemente I + II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49611 Modellbildung für Finite Elemente I + II (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49660 Nichtlineare Finite Elemente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600124 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Michael Reck |
| 9. Dozenten: | Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente II |
| 12. Lernziele: | Nichtlineare Finite Elemente<br><br>Die Studierenden lernen anhand von geometrischen Nichtlinearitäten, wie bei einer nichtlinearen Finite-Elemente-Analyse vorgegangen wird. Mithilfe von einfachen Beispielen lernen sie, wie nichtlineare Finite Elemente hergeleitet werden und wie die nichtlinearen Modellgleichungen des Finite-Elemente-Modells gelöst werden können. |
| 13. Inhalt: | Nichtlineare Finite Elemente<br><br>• Einführung in die Tensorrechnung<br>• Einführung in die Kontinuumsmechanik<br>• Allgemeine mathematische Formulierung nichtlinearer Probleme der Mechanik<br>• Kritische Punkte und Stabilität<br>• Herleitung von geometrisch nichtlinearen Finiten Elementen<br>• Lösungsmethoden für die nichtlineare Finite-Elemente-Analyse<br>• Ausgewählte Beispiele |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Literatur:<br>H.R. Schwarz, Methode der finiten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart<br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,<br>1986<br>J. T. Oden, Finite Elements of Nonlinear Continua, McGraw-Hill, 1972<br>T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, 2000 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496601 Vorlesung Nichtlineare Finite Elemente |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49661 Nichtlineare Finite Elemente (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 37090 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600110 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manfred Hahn |
| 9. Dozenten: | • Ioannis Doltsinis<br>• Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Grundzüge der Elastostatik, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Nichtlineare Finite Elemente<br><br>Die Studierenden können mit geometrischen und werkstoffabhängigen Nichtlinearitäten umgehen und aus diesem Verständnis heraus mit nichtlinearen Aufgabenstellungen im Allgemeinen umgehen und diese grundsätzlich lösen.<br><br>Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua<br><br>Die Studierenden sind mit den Eigenheiten elastisch-plastischen Verhaltens metallischer Werkstoffe bei monotoner wie auch bei wechselnder Beanspruchung vertraut, und kennen die mathematischen Ansätze zu dessen Beschreibung.<br><br>Sie wissen, die Festigkeitsreserven der plastischen Verformung bei der Bauteildimensionierung einzuschätzen. |

Sie kennen die grundlegenden Verfahren zur Lösung elastisch-plastischer Probleme und sind in der Lage in bestimmten Fällen analytische Ansätze zu erarbeiten.

Sie sind vertraut mit der Tragfähigkeit elastisch-plastischer Systeme und beherrschen die Methoden zu deren Abschätzung bzw. Eingrenzung.

Sie wissen über Versagen bzw. Anpassung des Tragwerks bei wechselnder Belastung Bescheid und können die Bedingungen für einen sicheren Einsatz festlegen.

Sie beherrschen die grundlegenden Algorithmen elastisch-plastischer Berechnungen mit finiten Elementen, können das numerische Verhalten der Lösung wie Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit ergründen und interpretieren. Ebenso die numerische Lösung mit Hilfe des vermittelten theoretischen Hintergrunds.

Sie kennen den Einfluss von der Temperatur sowie von der Zeit bei Werkstoffen mit viskosen Komponenten (Kriechen).

Sie wissen über die Signifikanz von endlichen Formänderungen für die Bauteilstabilität.

Sie sind mit der Modellierung von inelastischen Prozessen und mit deren numerischen Behandlung vertraut.

13. Inhalt:

Nichtlineare Finite Elemente

- Lineare und nichtlineare Berechnung
- Geometrische Nichtlinearitäten
- Nichtlineares Material
- Lagrangesche und Eulersche Formulierungen
- Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE)
- Lösungsmethoden und Stabilität (im-/explizit)
- Ausgewählte Beispiele

Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua

- Stoffverhalten und mathematische Ansätze
- Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua - Lösungsmethoden, Fallstudien
- Tragfähigkeit und ihre Abschätzung - Traglasttheoreme
- Wechselbelastung - Theorie der Anpassung
- Numerische Berechnungsverfahren - Algorithmen, numerisches Verhalten
- Einfluss von Temperatur und Zeit
- Signifikanz endlicher Formänderungen - Bauteilstabilität

Modellierung und Simulation inelastischer Prozesse

14. Literatur:

Skript zur Vorlesung

Ergänzende Vortragsfolien

Literatur:

H.R. Schwarz, Methode der finiten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart

K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,

| | |
|---|---|
| | 1986<br><br>J. T. Oden, Finite Elements of Nonlinear Continua, McGraw-Hill, 1972<br><br>T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, 2000<br><br>I. Doltsinis, Elements of Plasticity - Theory and Computation, WIT Press Southampton 2000, 2nd edition 2010<br><br>I. Doltsinis, Large Deformation Processes of Solids, WIT Press Southampton 2004 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 370901 Vorlesung Nichtlineare Finite Elemente<br>• 370902 Vorlesung und Übung Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 37091 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44910 Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120302 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Felix Jägle |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• Wissen, welche Methoden zur Simulation von Mehrphasenströmungen in Industrie und Wissenschaft verwendet werden<br>• Wissen, welche grundlegenden physikalischen Gesetze an Phasengrenzen und für einzelne Tropfen/Blasen gelten und wie diese mathematisch modelliert werden<br>• Wissen, was die direkte Simulation freier Grenzflächen ist, welche Methoden verwendet werden, verstehen deren Funktionsprinzip und kennen deren Vor- und Nachteile<br>• Kennen die Problematik der Simulation kompressibler Zweiphasenströmungen und die daraus resultierenden numerischen Ansätze<br>• Wissen, was disperse Zweiphasenströmungen sind und welche Methoden zu deren Simulation es gibt, verstehen deren Funktionsprinzip und kennen deren Vor-und Nachteile |
| 13. Inhalt: | Grundlagen<br>• Modelle für Grenzflächen<br>• Oberflächenspannung<br>• Benetzung (Kontaktwinkel)<br>• Strömungswiderstand von Partikeln/Einzeltropfen<br>• Verdampfung<br>Direkte Simulation freier Grenzflächen<br>• Grenzflächenverfolgung: Lagrange-Methoden, VOF, Level-set<br>• Grenzflächenkopplung: Diffuse-Interface, Sharp-Interface Methoden |

| | |
|---|---|
| | • Modellierung der Oberflächenspannung<br>• Kompressibel: Problematik, Ghost-Fluid, Riemannlöser<br>Simulation von dispersen Zweiphasenströmungen<br>• Euler-Lagrange Verfahren<br>• Euler-Euler Verfahren: Versch. Formulierungen, Polydispersion |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Folien werden als Skript zur Verfügung gestellt<br>Verschiedene Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben.<br>Weitere Information: http://www.iag.uni-stuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html<br>Bücher:<br>Tryggvason, Scardiovelli, Zaleski. Direct Numerical Simulations of Gas-Liquid<br>Multiphase Flows. Cambridge. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 449101 Vorlesung Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44911 Numerische Modellierung von Mehrphasenströmungen (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44920 Numerische Strömungsmechanik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Claus-Dieter Munz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen einen Überblick über die numerischen Verfahren, die in den aktuellen Strömungsmechanik-Rechenprogrammen benutzt werden und kennen deren grundlegenden Eigenschaften. Die Studierenden sind in der Lage, zu entscheiden, welches numerische Verfahren für eine vorliegende Anwendung geeignet ist. Sie haben eine Vorstellung, wie die Qualität und die Genauigkeit der numerischen Ergebnisse beurteilt werden kann. |
| 13. Inhalt: | Diese Vorlesung erweitert die Kenntnisse der numerischen Verfahren über partielle Differenzialgleichungen auf die Gleichungen der Strömungsmechanik. Im Bereich der Approximation von kompressiblen Strömungen sind dies vor allem Finite-Volumen-Verfahren. Es werden sogenannte Shock-Capturing-Verfahren besprochen mit einer Übersicht über deren Konstruktion. Die Simulation kompressibler Strömungen, wie dies insbesondere für die Luft- und Raumfahrttechnik wichtig ist, nimmt dabei den größten Teil der Vorlesung ein. Daneben werden aber auch numerische Verfahren für schwach kompressible oder inkompressible Strömungen vorgestellt und auf deren Konstruktionsprinzipien eingegangen. Der Zusammenhang mit der Aeroakustik und ein Ausblick auf die aktuelle Forschung werden zum Abschluss behandelt. Die Umsetzung der Verfahren in Rechenprogramme wird exemplarisch an einfachen Beispielen aus den Anwendungen demonstriert. |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Folien werden als Skript zur Verfügung gestellt |

| | |
|---|---|
| | Verschiedene Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben. Grundlagen zur Vorlesung findet man z.B. im Buch: C.-D. Munz, T. Westermann: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen, 3. Auflage, Springer 2012 Weitere Information: http://www.iag.uni-stuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449201 Vorlesung Numerische Strömungsmechanik<br>• 449202 Übung Numerische Strömungsmechanik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Numerische Strömungsmechanik, Vorlesung:60 h (Präsenszeit:28 h, Selbststudium 32 h)<br>Numerische Strömungsmechanik, Übungen: 30 h (Präsenszeit 7 h, Selbststudium 23 h)<br>Gesamt: 90h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44921 Numerische Strömungsmechanik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44930 Numerische Strömungssimulation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | Claus-Dieter Munz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Numerische Strömungsmechanik:**<br>Die Studierenden besitzen einen Überblick über die numerischen Verfahren, die in den aktuellen Strömungsmechanik-Rechenprogrammen benutzt werden und kennen deren grundlegenden Eigenschaften. Die Studierenden sind in der Lage, zu entscheiden, welches numerische Verfahren für eine vorliegende Anwendung geeignet ist. Sie haben eine Vorstellung, wie die Qualität und die Genauigkeit der numerischen Ergebnisse beurteilt werden kann.<br>**CFD-Programmierseminar:**<br>Die Studierenden besitzen einen Überblick über die praktische Implementierung numerischer Verfahren, die in aktuellen Strömungsmechanik- Rechenprogrammen benutzt werden. Die Studierenden sind in der Lage, einzelne Programmteile selbst zu modifizieren und das Rechenprogramm zu validieren. Sie können die Qualität und die Genauigkeit der erzielten numerischen Ergebnisse beurteilen. |
| 13. Inhalt: | **Numerische Strömungsmechanik:**<br>Diese Vorlesung erweitert die Kenntnisse der numerischen Verfahren über partielle Differenzialgleichungen auf die Gleichungen der Strömungsmechanik. Im Bereich der Approximation von kompressiblen Strömungen sind dies vor allem Finite-Volumen-Verfahren. Es werden sogenannte Shock-Capturing-Verfahren besprochen mit einer Übersicht über deren Konstruktion. Die Simulation kompressibler Strömungen, wie dies insbesondere für die Luft- und Raumfahrttechnik wichtig ist, nimmt dabei den größten Teil der Vorlesung |

| | |
|---|---|
| | ein. Daneben werden aber auch numerische Verfahren für schwach kompressible oder inkompressible Strömungen vorgestellt und auf deren Konstruktionsprinzipien eingegangen. Der Zusammenhang mit der Aeroakustik und ein Ausblick auf die aktuelle Forschung werden zum Abschluss behandelt. Die Umsetzung der Verfahren in Rechenprogramme wird exemplarisch an einfachen Beispielen aus den Anwendungen demonstriert.<br>**CFD-Programmierseminar:**<br>Diese Vorlesung behandelt die Umsetzung der numerischen Verfahren der Strömungsmechanik in Rechenprogramme. Zunächst wird mit einem vorgegebenen Rechenprogramm, einem Finite-Volumen-Verfahren für kompressible Strömungen auf einem unstrukturierten Gitter, eine Keilströmung simuliert. Danach kann man selbst Teile des Programms mit entwickeln und validieren. So werden in einem Projekt verschiedene Flussfunktionen programmiert und untersucht oder auch eine Erweiterung auf die Genauigkeit 2. Ordnung ausgeführt. Eigene Programmierung, Validierung und Anwendung des modifizierten Programms unter Anleitung sind die wesentlichen Aktivitäten in dieser praktische Lehrveranstaltung. In Rahmen von Kurzvorträgen wird über die Ergebnisse berichtet. |
| 14. Literatur: | Powerpoint-Folien werden als Skript zur Verfügung gestellt<br>Verschiedene Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben. Grundlagen zur Vorlesung findet man z.B. im Buch: C.-D. Munz, T. Westermann: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen, 3. Auflage, Springer 2012<br>Weitere Information: http://www.iag.uni-stuttgart.de/IAG/lehre/vorlesungen.html |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449301 Vorlesung Numerische Strömungsmechanik<br>• 449302 Übung Numerische Strömungsmechanik<br>• 449303 CFD-Programmierseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Numerische Strömungsmechanik, Vorlesung:60 h (Präsenszeit 28 h, Selbststudium 32 h)<br>Numerische Strömungsmechanik, Übungen: 30 h (Präsenszeit 7 h, Selbststudium 23 h)<br>CFD-Programmierseminar, Seminar: 90 h (Präsenszeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44931 Numerische Strömungssimulation (LBP), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44940 Numerische Verbrennungssimulation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060800101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Peter Gerlinger |
| 9. Dozenten: | Peter Gerlinger |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• die theoretischen Grundlagen zur numerischen Simulation von Brennkammerströmungen (Verbrennung)<br>• Diffusionsprozesse in Flammen und deren Beschreibung<br>• Auswirkungen der physikalischen und chemische Vorgänge bei der Verbrennung auf deren numerische Simulation<br>• Schwierigkeiten (und deren Ursachen) bei Verbrennungssimulationen<br>• Methoden zur stabilen Simulation von Verbrennung |
| 13. Inhalt: | • Transportgleichungen zur Beschreibung von Verbrennungsprozessen<br>• Diffusiver Wärme- und Stofftransport<br>• Der chemische Produktionsterm in den Speziesgleichungen<br>• Diskretisierung und numerische Lösungsansätze<br>• Ursachen steifer Gleichungssysteme in der Verbrennung<br>• Stabilitätsanalyse<br>• Homogene Reaktionssysteme<br>• Numerische Verfahren für steife Gleichungssyteme<br>• Punkt-Implizite Lösungsansätze<br>• etc |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>P. Gerlinger, Numerische Verbrennungssimulation<br>E. Oran, J.P. Boris, Numerical Simulation of Reactive Flows |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449401 Vorlesung Numerische Verbrennungssimulation<br>• 449402 Tutorium/Übung Numerische Verbrennungssimulation |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Numerische Verbrennungssimulation, Vorlesung: 62 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 34 h)<br>Numerische Verbrennungssimulation, Tutorium/Übungen: 28 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44941 Numerische Verbrennungssimulation (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45680 Optimale Tragwerksauslegung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513109 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | • Jörg Wagner<br>• Ioannis Doltsinis |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Tragwerksoptimierung<br><br>Die Studierenden<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik strukturieren und adäquat beschreiben, und zwar einschließlich Mehrzielkriterien,<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik klassifizieren,<br>- besitzen einen Überblick über die Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können einfache Optimierungsprobleme ohne und mit Randbedingungen analytisch lösen,<br>- kennen die wesentlichen Grundlagen numerischer Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik, |

- können zwei typische numerische Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik anwenden,
- kennen das Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren in der Strukturmechanik.

Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung

- Die Studierenden sind mit der Quantifizierung von streuenden Daten vertraut und wissen über ihre Bedeutung für das Verhalten von Tragwerken sowie für das Ergebnis von technologischen Prozessen.
- Sie beherrschen analytische und synthetische Methoden zur Berechnung des stochastischen Tragwerksverhaltens bei gegebenen Eingangsdaten für

- Elastische Tragwerke
- Große Verschiebungen
- Elastisch-plastische Tragwerke
- Nichtlineare Dynamik
- Inelastische Formänderungsprozesse

- Sie wissen über die Optimierung von Tragwerken sowie Prozessen bei stochastischem Verhalten, sind mit der Robustheit gegenüber streuenden Konditionen vertraut und können entsprechende Auslegungsverfahren einsetzen.
- Sie sind in der Lage, die Bedeutung der Eingangsdaten sowie die Eignung des Systems für robuste Auslegung zu beurteilen.
- Sie beherrschen die Begriffe der Zuverlässigkeit und Lebensdauer, kennen Verfahren zur Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Bauteilen (analytische Verfahren erster- und zweiter Ordnung sowie Synthese stochastischer Simulation).
- Sie können auf eine vorgegebene Ausfallwahrscheinlichkeit hin optimieren und die Zuverlässigkeit von Tragsystemen abschätzen im Serien- Parallel- oder Standby- Modus.
- Sie sind mit den Begriffen der stochastischen Feldgrößen bzw. stochastischen Prozessen vertraut und wissen diese zu charakterisieren.
- Sie lernen durchweg, der Streuung mittels analytischer Approximation sowie alternativ durch stochastische Monte Carlo Simulation Rechnung zu tragen.

13. Inhalt:

Tragwerksoptimierung

- Einführung und Motivation
- Klassifikationsmerkmale für Optimierungsprobleme
- mathematische Beschreibung tragwerkstypischer Optimierungsprobleme
- allgemeines Vorgehen beim Optimalentwurf
- analytische Optimierungsverfahren
- numerische Verfahren für tragwerkstypische Optimierungsprobleme (insbes. Liniensuch-, Straffunktions-, duales Lösungsverfahren)
- Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren

Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung

- Streuung und Charakterisierung
- Stochastische Tragwerksanalyse mittels Taylorreihe - elastisch, nichtlinear, plastisch, nichtlineare Dynamik
- Optimale Auslegung - Robustheit
- Monte Carlo Verfahren - Tragwerksanalyse und Entwurfsertüchtigung

| | |
|---|---|
| | - Zuverlässigkeit - Systeme und Bauteile, analytische Approximation, stochastische Simulation, Optimierung und Zuverlässigkeit<br>- Zeitabhängige Phänomene - stochastische Prozesse und -Felder, Lebensdauer<br>- Inelastische Formänderungsprozesse - Signifikanz der Eingangsstreuung, numerische Analyse, optimale Auslegung |
| 14. Literatur: | - Arora, J.S.: Introduction to optimum design. 2 Aufl. Amsterdam/... : Elsevier Academic Press, 2004<br>- Baier, H. ; Seeßelberg, C. ; Specht, B.: Optimierung in der Strukturmechanik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>- Kirsch, U.: Structural Optimization. Berlin/… : Springer, 1993<br>- Papageorgiou, M.: Optimierung : statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung. 2. Aufl. München ; Wien : Oldenbourg, 1996<br>- Pardalos, P.M. ; Resende, M.G.C. (Hrsg.): Handbook of applied optimization. Oxford ; Berlin : Oxford University Press, 2002<br>- Skript<br><br>- Ioannis Doltsinis, Stochastic Methods in Engineering, WIT Press Southampton 2012<br>- Ergänzende und zusammenfassende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 456801 Vorlesung Tragwerksoptimierung<br>• 456802 Vorlesung Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit: 56 Stunden<br><br>Selbststudiumszeit: 124 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45681 Optimale Tragwerksauslegung (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 45000 Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120132 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen grundlegende Kenntnisse über DG-Verfahren und verschiedene Implementierungsstrategien. Sie besitzen Kenntnis über die einzelnen nötigen Bausteine und können diese implementieren. Zudem haben sie eine Vorstellung über den allgemeinen Programmablauf. |
| 13. Inhalt: | Es werden die wichtigsten Bausteine und Operatoren des DG-Verfahrens hergeleitet, implementiert und zur Verfügung gestellt. Besonderer Fokus liegt auf der Beurteilung der Effizienz verschiedener Varianten. Jeder Studierende erhält eine Programmieraufgabe im Kontext von DG-Verfahren welche mit einer beliebigen Programmiersprache umgesetzt werden soll. |
| 14. Literatur: | Ein Skript wird zur Verfügung gestellt. Ein dokumentierter Code wird zur Verfügung gestellt.<br>„Nodal Discontinuous Galerkin Methods" von Jan Hesthaven und Tim Warburton<br>„Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations" von David<br>Kopriva<br>Weitere Lehrbücher werden in der Vorlesung angegeben |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450001 Vorlesung Programmierung von Disontinuous Galerkin Verfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45001 | Programmierung von Discontinuous-Galerkin-Verfahren (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 49670 Seminar Angewandte Finite Elemente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rafael Jarzabek |
| 9. Dozenten: | Rafael Jarzabek |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden sich mit der Anwendung der Finiten-Elemente-Methode (FEM) vertraut machen, um verschiedene Aufgabenstellungen aus der Mechanik mit Hilfe der FEM eigenständig lösen zu können. In dem Seminar werden dabei verschiedene Themen bearbeitet, welche sich an Anwendungsfällen aus dem Umfeld der Luft- und Raumfahrt und angrenzenden Gebieten orientieren. Zusätzlich erhalten die Studierenden einen Ausblick in angrenzende Themengebiete (z.B. XFEM, FEM in der Thermodynamik,.....). |
| 13. Inhalt: | Die Veranstaltung besteht pro Unterrichtseinheits aus einer kurzen Vorlesung mit anschließender Übung, in welcher der Vorlesungsinhalt an konkreten Anwendungsfällen präsentiert wird. Die gesamte Veranstaltung wird folgende Themengebiete umfassen:<br>• Einführung die Finite-Elemente-Methode (FEM)<br>• Modellbildung<br>• FEM-Netzgeneriung<br>• Bedienmöglichkeiten eines FEM-Softwarepakets |

| | |
|---|---|
| | • Postprocessing<br>• Nichtlinearitäten (geometrische/materielle)<br>• Implizite/Explizite Rechnung<br>• Crash-Simulation |
| 14. Literatur: | Vortragsfolien + Übungsaufgaben<br><br>Literatur:<br><br>B. Klein, FEM Grundlagen und Anwendungen der Finite-Elemente-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau, 7. Auflage, 2007<br><br>E. Schrem, Vorlesungsskript: FEM-Modellbildung in der Strukturmechanik Teil 1 & 2<br><br>G. Müller & C. Groth, FEM für Pratiker - Band 1: Grundlagen, 8. Auflage, 2007<br><br>G. Müller & C. Groth & U. Stelzmann, FEM für Pratiker - Band 2: Strukturdynamik, 5. Auflage, 2007<br><br>H.R. Schwarz, Methode der finiten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart<br><br>J. T. Oden, Finite Elements of Nonlinear Continua, McGraw-Hill, 1972<br><br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1986<br><br>M. Hahn, Vorlesungsskript: Finite-Elemente-Methode II & III, 2013<br><br>P. Wriggers, Nichtlineare Finite-Elemente-Methoden, 2001<br><br>T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, 2000 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496701 Seminar Angewandte Finite Elemente |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49671 Seminar Angewandte Finite Elemente (PL), schriftlich und mündlich, 30 Min., Gewichtung: 1.0, Die Prüfung besteht aus 3 Semesteraufgaben, welche vorlesungsbegleitend bearbeitet und beim Prüfer abgegeben werden müssen. Zeitnah nach dem Ende der Vorlesungszeit folgt eine mündliche Abschlussprüfung (30 min). Die Gewichtung ist 40 % Semesteraufgaben und 60% mündliche Prüfung. |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen |

# Modul: 49580 Statik III

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Karsten Keller |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Einführung in die Plattentheorie<br><br>Die Studierenden können mit Platten als wichtiges Bauelement für den Ingenieur umgehen. Sie kennen die Unterschiede zwischen der dünnen Platte, die nur Biegeverformungen aufweist und der dicken Platte, in der noch zusätzlich Schubverformungen berücksichtigen werden. Die Studierenden können mit der klassischen Theorie beider Plattenmodelle umgehen und das Tragverhalten der Platte sowie die plattenspezifischen Größen wie Ersatzschubkraft und Eckenkraft bestimmen. |
| 13. Inhalt: | • Vorstellung der Theorie der dünnen Platte nach Kirchhoff<br>Differentialgleichung für die Rechteckplatte und Kreisplatte<br>• Analytische Lösung der Differentialgleichung nach Navier und Levy-Nadai<br>• Näherungslösung nach Ritz<br>• Theorie der schubweichen dicken Platte nach Reissner<br>Aufstellen der Differentialgleichung und analytische Behandlung eines Spezialfalls<br>• Einführung in die klassische Laminattheorie (CLT)<br>Durchführen der Dickenintegration und Aufstellen der Steifigkeitsbeziehung<br>mit der Kopplung von Scheibe und Platte |

| | |
|---|---|
| | • Ausbeulen der dünnen Platte<br>• Vorlesungsbegleitende Übungsbeispiele |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br><br>Ergänzende Vortragsfolien<br><br>A. Nadai: Elastische Platten, 1.Aufl., Springer Verlag, Berlin (1925)<br><br>K. Girkmann: Flächentragwerke, 5.Aufl., Springer Verlag, Wien (1959)<br><br>S. P. Timoshenko, S. Woinowski-Krieger: Theory of Plates and Shells, 2.Aufl., MacGraw-Hill Book Co., New York (1959) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 495801 Vorlesung Statik III |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49581 Statik III (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600116 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | • Karsten Keller<br>• Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Finite Elemente II (Diskretisierung II)<br><br>Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Methode der Finite Elemente für die Anwendung in der Strukturmechanik im Hinblick auf Flächen- und räumliche Tragwerke. Sie können dann außerdem mit weiteren Elementmodellen zur Berechnung dieser Tragwerke umgehen. Die Studierenden sind somit mit 2D- und 3D-Formulierungen im Bereich der Finiten Elemente Methode vertraut und können diese mit theoretischem Unterbau und Verständnis anwenden.<br><br>Statik III (Einführung in die Plattentheorie)<br><br>Platten sind ein wichtiges Bauelement für den Ingenieur, das wie der Balken Belastungen über Biegung abträgt. Die Studierenden lernen die Unterschiede zwischen der dünnen Platte, die nur Biegeverformungen aufweist und der dicken Platte, in der noch zusätzlich |

| | |
|---|---|
| | Schubverformungen zu berücksichtigen sind. Sehr dünne Platten können auch ausbeulen. Die Studierenden können mit der klassischen Theorie beider Plattenmodelle umgehen und das Tragverhalten der Platte sowie die plattenspezifischen Größen wie Ersatzschubkraft und Eckenkraft bestimmen. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen zur Lösung der linearen Randwertaufgabe der Elastostik mit Finiten Elementen<br>• Variationsprinzipe, Einfeld- und Mehrfeldprinzipe<br>• Erstellen der Finite Elementematrizen von Verschiebungsmodellen<br>• Steifigkeitsmatrix, Konvergenz<br>• Assemblierung des Tragwerks, Freiwertebasenwechsel<br>• Lösung des Gleichungssystems, Berechnung der Lagerreaktionen<br>• Berechnung der Eigenfrequenzen und Beullasten<br>• Praxisorientierte Finite Elemente<br>• mechanische Verhalten der Elementmodelle in Beispielen<br>• (Einfluss der verwendeten Integration und Elementverzerrung)<br><br>• Vorstellung der Theorie der dünnen Platte nach Kirchhoff, Differentialgleichung für die Rechteckplatte und Kreisplatte<br>• Analytische Lösung der Differentialgleichung nach Navier und Levy-Nadai und Näherungslösung nach Ritz<br>• Theorie der schubweichen dicken Platte nach Reissner, Aufstellen der Differentialgleichung und analytische Behandlung eines Spezialfalls<br>• Einführung in die klassische Laminattheorie. Durchführen der Dickenintegration und Aufstellen der Steifigkeitsbeziehung mit der Kopplung von Scheibe und Platte<br>• Ausbeulen der dünnen Platte<br>• Vorlesungsbegleitende Übungsbeispiele |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung Ergänzende Vortragsfolien<br><br>Literatur zu Finite Elemente II:<br><br>H.R. Schwarz, Methode der _niten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart.<br><br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1986.<br><br>T. J. R. Hughes, The Finite Element Method, Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis, Prentice-Hall International Editions.<br><br>O. C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, Third edition, McGraw-Hill Book Company. (Deutsche Übersetzung als Hanser Fachbuch).<br><br>Literatur zur Statik III:<br><br>A. Nadai: Elastische Platten, 1.Aufl., Springer Verlag, Berlin (1925)<br><br>K. Girkmann: Flächentragwerke, 5.Aufl., Springer Verlag, Wien (1959)<br><br>S. P. Timoshenko, S. Woinowski-Krieger: Theory of Plates and Shells, 2.Aufl., MacGraw-Hill Book Co., New York (1959) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 456701 Vorlesung Diskretisierungsmethoden in der Statik und Dynamik<br>• 456702 Vorlesung Einführung in die Plattentheorie |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Finite Elemente II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Statik III, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45671 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45210 Strömungsmesstechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110162 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Wuerz |
| 9. Dozenten: | • Werner Wuerz<br>• Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die einschlägige Strömungsmesstechnik sowie die Messverfahren und die zugehörigen Versuchsanlagen. Sie sind in der Lage Messaufnehmer und Messsonden sowie digitale Datenerfassung einzusetzen |
| 13. Inhalt: | Grundlagen der Strömungsmesstechnik und zugehöriger Datenerfassung sowie digitaler Signalaufbereitung; Messverfahren im Hinblick auf Kraftmessungen, Druckmessungen, Temperaturmessungen, Schubspannungsmessung, Geschwindigkeits- und Richtungsmessungen, optische Strömungsmessverfahren; Aufbau und Funktionsweise von subsonischen Windkanälen und Versuchsanlagen, transsonischen, Überschall und Hyperschallwindkanälen |
| 14. Literatur: | Skript,<br>W. Nitsche: Strömungsmesstechnik, Springer-Verlag Berlin (1994) ISBN 3-540-54467-4<br>J.B. Barlow, W.H. Rae, A. Pope: Low-Speed Wind Tunnel Testing Wiley Interscience New York (1999), ISBN 0-471-55774-9 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 452101 Vorlesung Strömungsversuchs- und Messtechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45211 Strömungsmesstechnik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 45220 Strömungsmesstechnik und Visualisierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110161 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Wuerz |
| 9. Dozenten: | • Werner Wuerz<br>• Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die einschlägige Strömungsmesstechnik sowie die Messverfahren und die zugehörigen Versuchsanlagen. Sie sind in der Lage Messaufnehmer und Messsonden sowie digitale Datenerfassung einzusetzen. Die Studierenden verfügen über fundierte Kenntnisse der eingesetzten Verfahren und Methoden zur experimentellen Strömungsvisualisierung |
| 13. Inhalt: | Grundlagen der Strömungsmesstechnik und zugehöriger Datenerfassung sowie digitaler Signalaufbereitung;Messverfahren im Hinblick auf Kraftmessungen, Druckmessungen, Temperaturmessungen, Schubspannungsmessung, Geschwindigkeits- und Richtungsmessungen, optische Strömungsmessverfahren; Aufbau und Funktionsweise von subsonischen Windkanälen und Versuchsanlagen, transsonischen, Überschall und Hyperschallwindkanälen; Laborversuche begleitend zu den Themenbereichen der Vorlesung; Grundlagen und Verfahren zur experimentellen Strömungsvisualisierung; Laserlichtschnittverfahren, Folgeverhalten von Tracern, Rauch/Farbzuführungsverfahren, Wandanstrichverfahren, Infrarottechnik, optische Verfahren |
| 14. Literatur: | Skript,<br>W. Nitsche: Strömungsmesstechnik, Springer-Verlag Berlin (1994) ISBN 3-540-54467-4<br>J.B. Barlow, W.H. Rae, A. Pope: Low-Speed Wind Tunnel Testing Wiley Interscience New York (1999), ISBN 0-471-55774-9 |

| | |
|---|---|
| | A.J. Smits, T.T. Lim: Flow Visualisation, Imperial College Press London (2000) ISBN 1-86094-193-1 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 452201 Vorlesung Strömungsversuchs- und Messtechnik<br>• 452202 Laborseminar Strömungsversuchs- und Messtechnik<br>• 452203 Vorlesung Strömungsvisualisierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Strömungsversuchs- und Messtechnik, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Strömungsversuchs- und Messtechnik, Labor: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Strömungsvisualisierung, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45221 Strömungsmesstechnik und Visualisierung (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Andre Haufe |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Vertiefte Kenntnisse in Mechanik und Statik |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den Simulationsmethoden zur Abbildung strukturmechanischer Prozesse in der Kurzzeitdynamik vertraut.<br><br>Sie können die Unterschiede zur impliziten zeitintegrationsverfahren aufzeigen und die speziellen Anwendungen und Anforderungen im |

| | |
|---|---|
| | industriellen Einsatz diskutieren. Sich hieraus ergebende Anforderungen an die Modellbildung (Werkstoffmodelle, diverse Diskretisierungen, Verifikation und Validierung von Modellen) sind den Studenten bekannt.<br><br>Der Einfluss von Diskretisierungsgrößen wie z.B. Zeitschrittgröße oder Elementgröße auf die Qualität und Belastbarkeit von Berechnungsergebnisse sind verstanden.<br><br>Die Studierenden kennen die Anforderungen an die Simulation aus Industriesicht. |
| 13. Inhalt: | • Einführung und Übersicht aktueller Anwendungen für explizite Zeitintegrationsverfahren in der FEM<br>• Zeitintegration & Diskretisierung mit Finiten Elementen / Unterschiede zu Impliziten Verfahren<br>• Effekte materieller Nichtlinearitäten der FEM im Industrieeinsatz<br>• Gebräuchliche Materialformulierungen und Implementierung<br>• Modelltechnik und -aufbau großer Impaktmodelle (z.B. Crashmodelle)<br>• Fluid-Struktur-Interaktion für explizite Zeitintegration (Airbag-Entfaltung)<br>• Validierung und Verifikation von Berechnungsmodellen in der Industriepraxis |
| 14. Literatur: | Belytschko, T., Liu, W.K., Moran, B.: Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, Jpohn Wiley & Sons, LTD, ISBN 0-471-98773-5 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496301 Vorlesung Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49631 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45300 Tragwerksoptimierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik strukturieren und adäquat beschreiben, und zwar einschließlich Mehrzielkriterien,<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik klassifizieren,<br>- besitzen einen Überblick über die Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können einfache Optimierungsprobleme ohne und mit Randbedingungen analytisch lösen,<br>- kennen die wesentlichen Grundlagen numerischer Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können zwei typische numerische Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik anwenden, |

| | |
|---|---|
| | - kennen das Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren in der Strukturmechanik. |
| 13. Inhalt: | - Einführung und Motivation,<br>- Klassifikationsmerkmale für Optimierungsprobleme,<br>- mathematische Beschreibung tragwerkstypischer Optimierungsprobleme,<br>- allgemeines Vorgehen beim Optimalentwurf,<br>- analytische Optimierungsverfahren,<br>- numerische Verfahren für tragwerkstypische Optimierungsprobleme, (insbes. Liniensuch-, Straffunktions-, duales Lösungsverfahren),<br>- Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren. |
| 14. Literatur: | - Arora, J.S.: Introduction to optimum design. 2 Aufl. Amsterdam/... : Elsevier Academic Press, 2004<br>- Baier, H. ; Seeßelberg, C. ; Specht, B.: Optimierung in der Strukturmechanik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>- Kirsch, U.: Structural Optimization. Berlin/... : Springer, 1993<br>- Papageorgiou, M.: Optimierung : statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung. 2. Aufl. München ; Wien : Oldenbourg, 1996<br>- Pardalos, P.M. ; Resende, M.G.C. (Hrsg.): Handbook of applied optimization. Oxford ; Berlin : Oxford University Press, 2002<br>- Skript |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453001 Vorlesung Tragwerksoptimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Tragwerksoptimierung , Vorlesung : 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45301 Tragwerksoptimierung (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 45320 Turbulenz

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110152 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | • Ulrich Rist<br>• Peter Gerlinger<br>• Grazia Lamanna<br>• Sebastian Spring |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• die theoretischen Grundlagen zur Beschreibung turbulenter Strömungen<br>• Modellierungsansätze (Wirbelviskositätsmodelle, Reynolds-Spannungsmodelle)<br>• die Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS<br>• Anwendungsbeispiele mit CFD<br><br>• ausgewählte Turbulenzmodelle und Transportgleichungsmodelle<br>• Large-Eddy Simulation und hybride Verfahren<br>• turbulente Mischung und Verbrennung<br><br>• Fragen der Validierung und Implementierung<br>• typische Anwendungsergebnisse |
| 13. Inhalt: | I. |

| | |
|---|---|
| | • Einführung in die Turbulenz<br>• Statistische Beschreibung der Turbulenz<br>• Schließungsproblem<br>• Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS<br>• Klassische Turbulenzmodelle: Überblick<br><br>II.<br><br>• algebraische Modelle<br>• Ein- und Zweigleichungsmodelle<br>• Reynolds-Stress-Modelle<br>• Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion<br>• Grobstruktursimulation |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ferziger, Peric: Computational fluid dynamics<br>David C. Wilcox: Turbulence Modeling for CFD<br><br>John L. Lumley, First Course of Turbulence<br>Stephen B. Pope, Turbulent Flows |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453201 Vorlesung Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• 453202 Tutorium Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• 453203 Vorlesung Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle<br>• 453204 Tutorium Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Grundlagen der Turbulenzmodellierung, Vorlesung: 105 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 70 h)<br>Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br><br>Gesamt: 195 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 125 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45321 Turbulenz (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45340 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Klaus Kuhn |
| 9. Dozenten: | Klaus Kuhn |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen das Zusammenspiel der Versuche während des<br>Triebwerks- und Komponentenentwicklungs-programms.<br>• Die Studierenden verstehen den komplexen Begriff der ``compliance´´.<br>• Die Studierenden verstehen welche Größen an den Versuchsträgern während<br>der Entwicklung gemessen werden.<br>• Sie verstehen die Zielsetzung dieser Messungen an Hand von Beispielen.<br>• Die Studierenden kennen die Instrumentierung in Gasturbinen.<br>• Der Aufbau und die Funktionsweise von Prüfständen sind bekannt.<br>• Die Studierenden kennen die Messungen am Triebwerk im Rahmen des Flugversuches. |
| 13. Inhalt: | Compliance mittels eines Triebwerksentwicklungsprogramms und Komponentenentwicklungsprogramms |

| | |
|---|---|
| | • Compliance im Flugversuch<br>• Instrumentierung der Versuchsträger<br>• Messverfahren zur Bestimmung der Strömungsgrößen in Turbomaschinen<br>• Schub- und Durchsatzmessung<br>• Vermessung von Düsenkoeffizienten<br>• Traversiermessungen mit Sonden, Rechen und Verstelleinrichtungen<br>• Messunsicherheit und deren Konsequenz<br>• Aufbau und Betrieb von Prüfständen für Gasturbinen und deren Komponenten<br>• Messungen am Triebwerk im Flugversuch<br>• Umsetzung einer Messaufgabe am Kleinverdichterprüfstand |
| 14. Literatur: | Prüfstände im Triebwerksbau, K. Kuhn , Institut für Luftfahrtantriebe.<br>Untersuchung der Aerothermodynamik von Verdichter, Brennkammer und<br>Turbine, K. Kuhn, Institut für Luftfahrtantriebe |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453401 Vorlesung Versuchs- und Messtechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45341 Versuchs- und Messtechnik für Gasturbinen und Turbomaschinen (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# 215 Flugführung und Systemtechnik in der LRT

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 2151 | Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung |
| 2152 | Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung |
| 40840 | Flugregelung |
| 57160 | Strukturdynamik |
| 57180 | Regelung und Systementwurf |
| 57190 | Inertialnavigation |

# Modul: 40840 Flugregelung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200009 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Hon. Prof. Ulrich Butter |
| 9. Dozenten: | • Werner Grimm<br>• Ulrich Butter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Flugmechanik, Modul 060200003 |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die geforderten Eigenschaften eines geregelten Flugzeugs. Die Studierenden kennen die Regelziele und die Umsetzungsvarianten stabilitätserhöhender Rückführungen. Die Studierenden kennen die Regelziele und die Umsetzungsvarianten der wichtigsten Autopiloten. |
| 13. Inhalt: | Flugeigenschaftskriterien für die Längs- und Seitenbewegung stabilitätserhöhende Rückführungen in der Längs- und Seitenbewegung Autopiloten der Längs- und Seitenbewegung (Höhen- und Geschwindigkeitshaltung, Azimutregler, automatische Landung usw.) |
| 14. Literatur: | U. Butter, Flugregelung, Skript R. Brockhaus, Flugregelung, Springer B.L. Stevens und F.L. Lewis, Aircraft Control and Simulation, Wiley |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 408401 Vorlesung Flugregelung<br>• 408402 Übung Flugregelung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugregelung, Vorlesung: 21 h Präsenzzeit, 39 Stunden Selbststudium<br>Flugregelung, Übung: 10 h Präsenzzeit, 20 Stunden Selbststudium |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 40841 Flugregelung (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |

20. Angeboten von:

# Modul: 57190 Inertialnavigation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062100999 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Alfred Kleusberg |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | |
| 13. Inhalt: | |
| 14. Literatur: | |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 571901 Vorlesung Inertialnavigation |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57191 Inertialnavigation (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# 2151 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module: 44450 Flugregelungssysteme

# Modul: 44450 Flugregelungssysteme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | • Werner Grimm<br>• Walter Fichter<br>• Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 54180 Regelung und Systementwurf |
| 12. Lernziele: | Flugregelung:<br>• Die Studierenden kennen die geforderten Eigenschaften eines geregelten Flugzeugs.<br>• Die Studierenden kennen die Regelziele und verschiedene Varianten stabilitätserhöhender Rückführungen.<br>• Die Studierenden kennen die Regelziele und die Struktur der wichtigsten Autopiloten.<br>Systementwurf:<br>• Vertiefung der Kenntnisse im Bereich Systementwurf durch praktikumsorientierte Anwendung der Systementwurfsgrundlagen aus der Vorlesung "Systementwurf I" |
| 13. Inhalt: | Flugregelung:<br>• Flugeigenschaftskriterien für die Längs- und Seitenbewegung<br>• stabilitätserhöhende Rückführungen in der Längs- und Seitenbewegung<br>• Autopiloten der Längs- und Seitenbewegung (Höhen- und Geschwindigkeitshaltung, Azimutregler, automatische Landung usw.)<br>Systementwurf:<br>Auslegung, Umsetzung und Verifikation eines redundanten Systems zur |

| | |
|---|---|
| | Steuerung von Flugzeugen:<br><br>• Analyse anwendungsorientierter Systemvorgaben<br>• Auslegung der Management-Funktionen zum Betrieb eines redundanten Avioniksystems/Rechnersystems<br>• Auslegung der Management-Funktionen zum Betrieb redundanter Sensorik und Aktuatorik<br>• Umsetzung zentraler Funktionen in Software<br>• Integration der Software in einen Systemdemonstrator<br>• Systemverifikation anhand spezifischer Testfälle<br><br>Die Bearbeitung erfolgt selbständig und gruppenweise unter der Anleitung von<br>Betreuern. |
| 14. Literatur: | U. Butter, Flugregelung, Skript<br>R. Brockhaus, Flugregelung, Springer<br>B.L. Stevens und F.L. Lewis, Aircraft Control and Simulation, Wiley<br>Reichel, R.: Systementwurf I, Skript<br>Hesse, S.: Systementwurf II, Präsentationsfoliensatz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444501 Vorlesung Flugregelung<br>• 444502 Praktikum Systementwurf II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Flugregelung, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Systementwurf Praktikum: 90 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 48 h)<br>Gesamt: 180h (70h Präsenzzeit, 110h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44451 Flugregelungssysteme (PL), mündliche Prüfung, Gewichtung: 1.0, (Flugregelung, 20min, Gewichtung: 0.5; Systementwurf, 20min, Gewichtung: 0.5) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 57180 Regelung und Systementwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | • Walter Fichter<br>• Reinhard Reichel<br>• Werner Grimm<br>• Philipp Luithardt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Mehrgrößenregelung:**<br>Die Studierenden sind in der Lage, lineare Mehrgrößensysteme auf ihre Eigenschaften hin zu untersuchen (Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilität usw.) und spezielle Lösungen zu charakterisieren.<br>Die Studierenden sind in der Lage, lineare Regler in Form von Zustandsvektorrückführungen nach verschiedenen Verfahren zu entwerfen und nicht messbare Zustandsgrößen mit verschiedenen Varianten linearer Beobachter zu schätzen.<br>**Systementwurf I:**<br>Die Studierenden auf Ihre Eigenschaften kennen die elementaren Grundlagen zur Auslegung fehlertoleranter Luftfahrtsysteme. Dazu gehören a) Systembereiche wie fehlertolerante Avionik, Sensorik, Aktuatorik, b) Funktionen bzgl. Anwendung und Management. Die Orientierung an einem Fly-by-Wire System soll den Anwendungsbezug verdeutlichen. |
| 13. Inhalt: | **Mehrgrößenregelung:**<br>• Eigenschaften linearer Mehrgrößensysteme (Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilität usw.)<br>• Allgemeine und spezielle Lösung linearer Mehrgrößensysteme (z.B. für Sprungeingänge, Impulseingänge, sinusförmige Eingänge usw.)<br>• Regelkreisstrukturen für verschiedene Regelziele (Stabilisierung bzw. Folgeregelung) |

- Entwurf von Zustandsvektorrückführungen mit verschiedenen Verfahren (Polvorgabe, modale Regelung, optimale Regelung)
- Struktur und Entwurf linearer Beobachter (vollständig und reduziert)

**Systementwurf I**

- Herleiten grundlegender funktioneller und nichtfunktioneller Entwurfsanforderungen an ein Fly-by-Wire System
- Ermitteln der Systemstruktur, Allokieren von Funktionen, Definieren der Systemgranularität, erstes „Safety Assessment"
- Grundlegende Ansätze zur Auslegung eines System-Managements zur fehlertoleranten Steuerung des Gesamtsystems, unterteilt in Rechner-,Sensor- und Aktuator-System-Management

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 571801 Vorlesung Mehrgrößenregelung<br>• 571802 Vorlesung Systementwurf<br>• 571803 Übung Systementwurf 1 |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Mehrgrößenregelung, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Systementwurf, Vorlesung und Übungen: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br><br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 63 h, Selbststudium 117 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57181 Regelung und Systementwurf (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 57160 Strukturdynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |

M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014
→ Wahlpflichtmodule

11. Empfohlene Voraussetzungen:

12. Lernziele:

Die Studierenden

- kennen die wichtigsten Kriterien und Grenzen für die Modellbildung in der Strukturdynamik,
- können Freiheitsgrade und kinematische Bindungen identifizieren und in unterschiedlichen Koordinatensystemen beschreiben,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Mehrkörper-Systeme aufstellen, linearisieren und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen eindimensionaler Kontinua aufstellen und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen und lösen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit einem Freiheitsgrad berechnen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit mehreren Freiheitsgraden berechnen,
- kennen das Verfahren der Modalanalyse mit und ohne Dämpfung,
- besitzen Grundkenntnisse für den Umgang mit einfachen dynamischen Finite-Elemente-Modellen.

13. Inhalt:

**Veranstaltung Dynamik I:**
- Modellierung, Freiheitsgrade und Kinematik bei Mehrkörpersystemen,
- Prinzip von d' Alembert, Prinzip der virtuellen Verschiebungen in der Dynamik,
- Aufstellung von Bewegungsgleichungen bei Mehrkörpersystemen,
- Linearisierung von Bewegungsgleichungen,
- Einheitsverschiebungsgesetz in der Dynamik,
- Lineare Systeme mit einem Freiheitsgrad,
- Freie und erzwungene gedämpfte Schwingungen (harmon., period-, stoßartige Erregung).

**Veranstaltung Dynamik II:**
- Eigenwertanalyse bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- freie und erzwungene Schwingungen bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- starre Bewegungsmöglichkeiten,
- Modalanalyse,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua und deren analytische Lösung,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua mit Finite-Elemente-Modellen,
- Dehnstab, Biegestab, Torsionsstab.

14. Literatur:


- Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2002
- Hamel, G.: Theoretische Mechanik. Berlin [u.a.] : Springer, 1978
- Hagedorn, P. ; Otterbein, S.: Technische Schwingungslehre. Band 1. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1987
- Hagedorn, P.: Technische Schwingungslehre. Band 2, Berlin ; Heidelberg : Springer, 1989
- Schiehlen, W. ; Eberhard, P.: Technische Dynamik. 2. Aufl. Stuttgart [u.a.] : Teubner, 2004
- Skript
- zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen


15. Lehrveranstaltungen und -formen:

- 571601 Vorlesung Dynamik 1
- 571602 Vorlesung Dynamik 2

| | |
|---|---|
| | • 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dynamik I, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Dynamik II, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57161 Strukturdynamik (PL), schriftliche Prüfung, 80 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | 44830 Mechanische Systeme |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint, Kurzvideos, kleine Experimente |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# 2152 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 36370 | Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen |
| 44060 | Integrierte Modulare Avionik und Entwicklungsprozess |
| 44080 | Angewandte Luftfahrtsysteme |
| 44090 | Angewandte Luftfahrtsysteme I |
| 44100 | Angewandte Luftfahrtsysteme II |
| 44140 | Autoflight und Air Traffic Management |
| 44360 | Spezielle Methoden der Systemtechnik |
| 44430 | Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern |
| 44440 | Flugmesstechnik |
| 44590 | Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse |
| 44620 | Komplexe Avioniksysteme I |
| 44630 | Komplexe Avioniksysteme II |
| 44780 | Lenkverfahren |
| 44830 | Mechanische Systeme |
| 44880 | Nichtlineare Optimierung |
| 44950 | Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik |
| 44960 | Optimierung und Optimalsteuerung |
| 45050 | Regelung von Gasturbinen |
| 45120 | Satellitennavigation |
| 45140 | Schätzverfahren |
| 45150 | Schätzverfahren und Flugmesstechnik |
| 45180 | Methoden der Sicherheitsanalyse |
| 45230 | Integrierte Modulare Avionik |
| 57010 | Human Factors Engineering in Flight Deck Design |

# Modul: 44080 Angewandte Luftfahrtsysteme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Anforderungen, Funktion, Aufbau realer Luftfahrtsysteme von Verkehrsflugzeugen, Militärflugzeugen, Hubschrauber. |
| 13. Inhalt: | Primäres Flugsteuerungssystem (Verkehrsflugzeuge)<br>Hochauftriebssystem (Verkehrsflugzeuge)<br>Autopilot und Flight Director (Verkehrsflugzeuge)<br>Flugmanagementsystem (Verkehrsflugzeuge)<br>Überblick über integrierte Navigations- und Transpondersysteme (Verkehrsfzg.)<br>Auswahl aus „Utility Systeme" (Verkehrsflugzeuge)<br>Cabin Management System (Verkehrsflugzeuge)<br>Flugsteuerungssysteme (Militärflugzeuge)<br>Flugsteuerungssysteme (Hubschrauber) |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Angewandte Luftfahrtsysteme I/II. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |

| | |
|---|---|
| | • Moir, Ian. Civil Avionics Systems. Professional Engineering Publishing Limited. London 2003.<br>• Moir, Ian. Aircraft systems - Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Professional Engineering Publishing Limited. 2001. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440801 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme I<br>• 440802 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Angewandte Luftfahrtsysteme I: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Angewandte Luftfahrtsysteme II: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180h (Präsenzzeit: 56h, Selbststudium: 124h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44081 Angewandte Luftfahrtsysteme (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44090 Angewandte Luftfahrtsysteme I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900117 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Anforderungen, Funktion, Aufbau realer Luftfahrtsysteme von Verkehrsflugzeugen mit Schwerpunkt Flugsteuerung, Autopilot, Flugmanagement. |
| 13. Inhalt: | Primäres Flugsteuerungssystem<br>Hochauftriebssystem<br>Autopilot und Flight Director<br>Flugmanagementsystem<br>Überblick über integrierte Navigations- und Transpondersysteme |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Angewandte Luftfahrtsysteme I. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013.<br>• Moir, Ian. Civil Avionics Systems. Professional Engineering Publishing Limited. London 2003.<br>• Moir, Ian. Aircraft systems - Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Professional Engineering Publishing Limited. 2001. |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440901 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44091 Angewandte Luftfahrtsysteme I (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44100 Angewandte Luftfahrtsysteme II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen Anforderungen, Funktion, Aufbau realer Luftfahrtsysteme in den Domänen „Utility, Cabin" von Verkehrsflugzeugen sowie der Domäne „Flugsteuerung" bei Hubschraubern und Militärflugzeugen. |
| 13. Inhalt: | Auswahl aus „Utility" Systemen in Verkehrsflugzeugen (Tanksystem, Elektrisches Energiesystem, Fahrwerksystem, ...)<br>Cabin Management System<br>Flugsteuerungssysteme in Militärflugzeugen<br>Flugsteuerungssysteme in Hubschrauber |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Angewandte Luftfahrtsysteme II. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme,Universität Stuttgart, 2013.<br>• Moir, Ian. Civil Avionics Systems. Professional Engineering Publishing Limited. London 2003.<br>• Moir, Ian. Aircraft systems - Mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Professional Engineering Publishing Limited. 2001. |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 441001 Vorlesung Angewandte Luftfahrtsysteme II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44101 Angewandte Luftfahrtsysteme II (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44140 Autoflight und Air Traffic Management

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900115 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Arne Altmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studierende kennen<br>• Funktion und Aufbau eines realen Autoflight- und Displaysystems eines modernen Verkehrsflugzeugs,<br>• Grundlagen zu Air Traffic Management,<br>• Grundlagen zur Flugplanung. |
| 13. Inhalt: | Allgemeine Grundlagen zu<br>• Air Traffic Management,<br>• Systemen wie Autopilot, Flight Director, Flight Management, Navigation,<br>• Situations Awareness neuer Displaykonzepte,<br>• Flugplanung, Take-Off-Performance.<br>Praktische Einführung/Grundlagen zum Airbus-Autoflight-Simulator mit Sichtsystem am ILS.<br>Durchführen von Übungen am Simulator. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung, Präsentationsfolien Airbus Industries: „Flight Crew Operating Manual - FCOM - A320" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441401 Seminar Autoflight und Air Traffic Management<br>• 441402 Freie Übungen am Simulator |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h, (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44141 | Autoflight und Air Traffic Management (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 36370 Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Matthias Lehmann |
| 9. Dozenten: | Matthias Lehmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben detaillierte Kenntnisse im Entwicklungsprozess Software-dominanter Luftfahrtsysteme und können solche Prozesse definieren und bewerten. |
| 13. Inhalt: | • Entwicklungsstandards am Beispiel der Do178 und der ARP 4754<br>• Lesen und interpretieren der Standards am Beispiel der Do178<br>• Grundlagen verschiedener Beschreibungsformen<br>• Grundlagen des Requirements Based Engineering<br>• Anwendung der Grundlagen an einem Beispiel mit gängigen Tools |
| 14. Literatur: | Lehmann, M.: Prozesse, Methoden, Techniken. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 363701 Vorlesung Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h: (Präsenszeit: 28 h, Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 36371 Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44430 Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | Ulrich Butter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen die Wirkungsmechanismen des Rotors und kennen die Besonderheiten der Rotordynamik.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare und lineare dynamische Modelle der Hubschrauberbewegung zu erstellen.<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die Ziele, die Besonderheiten, die Struktur und die gängigsten Elemente der Hubschrauber-Regelung. |
| 13. Inhalt: | • Modellierung des Schubes mit Strahltheorie und Blattelemententheorie<br>• Eigenschaften und physikalischer Hintergrund der Rotordynamik<br>• Aufstellung der nichtlinearen Bewegungsgleichungen, Trimmzustand, Linearisierung und Charakterisierung typischer Eigenbewegungen<br>• Flugeigenschaftskriterien für den Reglerentwurf<br>• stabilitätserhöhende Rückführungen und Autopiloten |
| 14. Literatur: | U. Butter, Hubschrauber-Flugmechanik und -Flugregelung, Skript<br>W. Bittner, Flugmechanik der Hubschrauber, Springer<br>R.W. Prouty, Helicopter Aerodynamics, PJS Publications |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 444301 Vorlesung Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44431 Flugmechanik und Flugregelung von Hubschraubern (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 44440 Flugmesstechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900116 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Arne Altmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind in der Lage, einen Flugversuch für ein Flugzeug der Allgemeinen Luftfahrt (General Aviation) zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Außerdem sollen sie ihre Ergebnisse in einem schriftlichen Bericht und in einem Vortrag übersichtlich und aussagekräftig darstellen können. |
| 13. Inhalt: | • Grundlagen: Hintergründe zu den Messflügen, Erfassung von Messgrößen, Instrumentierung eines Flugzeuges, Flugleistungen.<br>• Einführung in das Experimentalflugzeug: Systeme, Flugleistung, Instrumentierung mit zentraler Datenerfassungsplattform.<br>• Vorbereiten und Durchführen eines Messfluges: Erstellen eines individuellen Messprogramms, Ausarbeitung der zugehörigen FlightCards, Durchführung der Flugmesskampagne mit Piloten, Messdatenauswertung und Erstellen eines Ergebnisberichtes. |
| 14. Literatur: | • Skript zur Vorlesung<br>• European Aviation Safety Agency: „Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes CS-23"<br>• Edward A. Haering, Jr.: "Airdata Measurement and Calibration" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 444401 Seminar Flugmesstechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44441 Flugmesstechnik (BSL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, (schriftliche Ausarbeitung (lehrveranstaltungsbegleitend), Präsentation und mündliche Prüfung, 20 min) |

18. Grundlage für ... :

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 57010 Human Factors Engineering in Flight Deck Design

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900124 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Gernot Konrad |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Students know the basics of Human Factors Engineering and are familiar with the Human Factors Design Process with respect to Flight Deck Layout. |
| 13. Inhalt: | 1. Introduction to Human Factors Engineering<br>2. User-Centered Design<br>3. Situation Awareness<br>4. Workload and Stress<br>5. Automation<br>6. Human Factors Analysis<br>7. Human Factors Measures<br>8. Cost-Justifying Usability<br>9. The Human Factors Design Process at a typical OEM<br>10.Human Factors Compliance Demonstration |
| 14. Literatur: | Skript: Power Point Präsentation |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 570101 Vorlesung Human Factors Engineering in Flight Deck Design |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57011 Human Factors Engineering in Flight Deck Design (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von:

# Modul: 45230 Integrierte Modulare Avionik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900013 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Matthias Lehmann |
| 9. Dozenten: | Matthias Lehmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studierende können Luftfahrtsysteme auf Basis der IMA-Technologie entwickeln und umsetzen. |
| 13. Inhalt: | Grundlagen IMA spezifischer Technologien im Hinblick auf<br>• Echtzeitverarbeitung, Operating-System, ARINC-API<br>• Entwicklungsumgebung<br>• Signalverarbeitung und Buskommunikation.<br>Entwicklung und Realisierung einer Kabinendrucksystemsteuerung<br>• Auslegen einer (Anwender-)funktion für eine Kabinendrucksystemsteuerung und Kabinendruckregelung<br>• Umsetzen der Steuerung/Regelung mit IMA-Elementen<br>• Verifikation der Kabinendrucksystemsteuerung und Kabinendruckregelung |
| 14. Literatur: | Skript zum Praktikum<br>Civil Avionics Systems (AIAA Education Series)von I. Moir, Sirona G. Knight, Ian Moir |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 452301 Praktikum Integrierte Modulare Avionik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h: (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45231 Integrierte Modulare Avionik (BSL), Sonstiges, 30 Min., Gewichtung: 1.0, (Präsentation mit mündlicher Prüfung) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von:

# Modul: 44060 Integrierte Modulare Avionik und Entwicklungsprozess

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Matthias Lehmann |
| 9. Dozenten: | Matthias Lehmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Integrierte Modulare Avionik (IMA):<br><br>Studierende haben vertiefte Kenntnisse in der IMA-Technologie. Sie können Luftfahrtsysteme auf Basis von IMA auslegen und realisieren.<br><br>Entwicklungsprozess:<br><br>Studierenden haben detaillierte Kenntnis vom Entwicklungsprozess software-dominanter Luftfahrtsysteme. Sie können solche Prozesse definieren und bewerten. |
| 13. Inhalt: | Integrierte Modulare Avionik:<br><br>Grundlagen IMA spezifischer Technologien im Hinblick auf<br><br>• Echtzeitverarbeitung, Operating-System, ARINC-API<br>• Entwicklungsumgebung<br>• Signalverarbeitung und Buskommunikation.<br>• Analyse verschiedener Avioniktechnologien und Avionikstrukturen in Passagierflugzeugen<br>• Spezielle Aspekte der Datenverarbeitung mit Segregation/Partitioning<br>• Kommunikationsnetzwerke in der Avionik<br><br>Entwicklung und Realisierung einer Kabinendrucksystemsteuerung<br><br>• Auslegen einer (Anwender-)funktion für eine Kabinendruckregelung<br>• Umsetzen von Anwenderfunktion mit IMA-Elementen |

| | |
|---|---|
| | • Verifikation der realisierten Kabinendruckregelung<br><br>Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen<br><br>• Entwicklungsstandards am Beispiel der Do178 und der ARP 4754<br>• Lesen und Interpretieren der Standards am Beispiel der Do178<br>• Grundlagen verschiedener Beschreibungsformen<br>• Grundlagen des Requirements Based Engineering<br>• Anwendung der Grundlagen an einem Beispiel mit gängigen Tools |
| 14. Literatur: | • Entwicklungsprozess: Skript<br>• Integrierte Modulare Avionik: Skript<br>• Civil Avionics Systems (AIAA Education Series)von I. Moir, Sirona G. Knight, Ian Moir<br>• Die Technik des modernen Verkehrsflugzeuges von Klaus Hünecke |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440601 Praktikum Integrierte Modulare Avionik<br>• 440602 Vorlesung Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Integrierte Modulare Avionik, Praktikum: 90h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 48 h)<br><br>Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen, Vorlesung: 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Gesamt: 180h (70h Präsenzzeit, 110h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44061 Integrierte Modulare Avionik und Entwicklungsprozess (Prüfung) (PL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, (Integrierte Modulare Avionik, Präsentation mit mündlicher Prüfung, 30 min., Gewichtung: 0.5; Entwicklungsprozess von Luftfahrtsystemen, schriftliche Prüfung, 60 min., Gewichtung 0.5) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PPT, Tafel, Programmanwendungen, IMA-Laboreinrichtung |
| 20. Angeboten von: | Institut für Luftfahrtsysteme |

# Modul: 44620 Komplexe Avioniksysteme I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900119 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Grundlagen komplexer fehlertoleranter Avioniksysteme kennen und können derartige Systeme entwerfen. |
| 13. Inhalt: | Grundlagen fehlertoleranter, „nicht zeitsynchroner“ verteilter Avioniksysteme:<br>• Erweiterung von Agreement, Reliable Broadcast, Consensus<br>• Grundlegende Mechanismen zum Betrieb solcher Systeme<br>Herleitung verteilter Systemarchitekturen.<br>Herleitung einer Software-Architektur.<br>Exemplarische Systemauslegung für ein Fly-by-Wire System für das Institutsflugzeug Diamond DA40. |
| 14. Literatur: | Reichel, R.: Komplexe Avioniksysteme I. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446201 Vorlesung Komplexe Avioniksysteme I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44621 Komplexe Avioniksysteme I (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von:

# Modul: 44630 Komplexe Avioniksysteme II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900120 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Matthias Lehmann |
| 9. Dozenten: | • Matthias Lehmann<br>• Mohamed Elmahdi |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 060900119 Komplexe Avioniksysteme I |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden vertiefen die Kenntnisse aus der Lehrveranstaltung „Komplexe Avioniksysteme I“ in Form eines Praktikums. |
| 13. Inhalt: | Zur Vertiefung der Kenntnisse aus der Lehrveranstaltung „Komplexe Avioniksysteme I“ bauen die Studierenden im Labor einen Labordemonstrator auf.<br>• Auslegung eines vereinfachten Fly-by-Wire Systems auf Basis einer verteilten Avionikstruktur.<br>• Einarbeitung in ein teilautomatisiertes System-/Software-Entwicklungsverfahren.<br>• Systemrealisierung mittels des o.a. System-/Software-Entwicklungsverfahrens.<br>• System-Verifizierung/Validierung. |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Komplexe Avioniksysteme I, Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013.<br>• Praktikumsunterlagen zu Komplexe Avioniksysteme II, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446301 Praktikum Komplexe Avioniksysteme II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44631 Komplexe Avioniksysteme II (BSL), Sonstiges, 20 Min., Gewichtung: 1.0, (Präsentation) |

18. Grundlage für ... :

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 44780 Lenkverfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | • Werner Grimm<br>• Thomas Kuhn |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die wichtigsten Grundbegriffe und Definitionen der Lenkung.<br>• Die Studierenden kennen die Schnittstellen der Lenkung mit den übrigen Komponenten des Flugkörpersystems, insbesondere mit der Regelung und Navigation.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten Verfahren zur Messung und Schätzung der Zielbewegung.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten Verfahren der autonomen und der kommandierten Lenkung.<br>• Die Studierenden kennen die regelungstechnischen Varianten zur Umsetzung des Lenkkommandos.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Lenkverfahren in einfacher Form zu simulieren. |
| 13. Inhalt: | • Klassifizierung von Szenarien und Lenkwaffentypen<br>• Flugkörperlenkung (Proportionalnavigation, Zieldeckungslenkung u.a.)<br>• Einbettung der Lenkung in das System Flugkörper<br>• Methoden zur Messung und Schätzung der Zielbewegung<br>• regelungstechnische Umsetzung des Lenkkommandos<br>• einfache Simulationsmodelle |
| 14. Literatur: | • W. Grimm, T. Kuhn: Lenkverfahren, Skript<br>• G.M. Siouris: Missile Guidance and Control Systems, Springer<br>• J.H. Blakelock: Automatic Control of Aircraft and Missiles, Wiley<br>• R.H. Battin: Astronautical Guidance, McGraw-Hill |

| | |
|---|---|
| | • Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 447801 Vorlesung Lenkverfahren<br>• 447802 Übung Lenkverfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Lenkverfahren, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Lenkverfahren, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44781 Lenkverfahren (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44830 Mechanische Systeme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>- kennen die wichtigsten Kriterien zur Klassifizierung, Analyse und Stabilität<br>mechanischer Systeme,<br>- kennen die wichtigsten rheologischen Systemansätze zu Beschreibung von |

| | |
|---|---|
| | Materialdämpfung und Hysterese,<br>- können mechanische Systeme mit beliebiger Dämpfungsmatrix analysieren,<br>- können passive Schwingungstilgersysteme analysieren und auslegen und<br>kennen die Grundlagen für semiaktive und aktive Tilger,<br>- kennen den theoretischen Hintergrund der wichtigsten experimentellen Verfahren zur Strukturanalyse und -identifikation,<br>- erhalten einen ersten Einblick in Kreiselprobleme, Flatterprobleme und die<br>Theorie der Störungsrechnung,<br>- können einfache Verfahren zur Modellreduktion anwenden. |
| 13. Inhalt: | • Dämpfungsphänomene, -klassifizierung und -modellierung,<br>• Zusätzliche Zustandsgrößen,<br>• Zusammenfassung und Ausbau der Theorie zur Dämpfung linearer Systeme,<br>• Schwingungstilgung,<br>• Systemidentifikation und experimentelle Modalanalyse,<br>• Gyroskopische und zirkulatorische Kräfte,<br>• Klassifizierung, Analyse und Stabilität mechanischer Systeme,<br>• Modellreduktion. |
| 14. Literatur: | • Argyris, J. ; Faust, G. ; Haase, M.: Die Erforschung des Chaos. Braunschweig Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>• Fliege, N.: Systemtheorie. Stuttgart : Teubner, 1991<br>• Elspass, W.J.; Flemming, M.: Aktive Funktionsbauweisen : eine Einführung in die Struktronik. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1998<br>• Ewins, D.J.: Modal testing : theory, practice and application. 2. Aufl. Baldock ; Hertfordshire : Research Studies Press, 2000<br>• Gasch, R. ; Nordmann, R. ; Pfützner, H.: Rotordynamik. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2002<br>• Hamel, G.: Theoretische Mechanik. Berlin [u.a.] : Springer, 1978<br>• Isermann, R.: Identifikation dynamischer Systeme. Band 1 und 2. 2. Aufl. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1992<br>• Natke, H.G.: Einführung in Theorie und Praxis der Zeitreihen- und Modalanalyse. 3. Aufl. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1992<br>• Schwertassek, R. ; Wallrapp, O.: Dynamik flexibler Mehrkörpersysteme.Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1999<br>• Skript<br>• zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448301 Vorlesung Mechanische Systeme |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Mechanische Systeme , Vorlesung : 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44831 Mechanische Systeme (BSL), schriftliche Prüfung, 70 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint, Kurzvideos, kleine Experimente |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 45180 Methoden der Sicherheitsanalyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900122 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Philipp Luithardt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studierende haben vertiefte Kenntnis in grundlegenden und angewandten Methoden zur Sicherheitsanalyse von Luftfahrtsystemen. |
| 13. Inhalt: | Spezielle Kapitel der Wahrscheinlichkeitsrechnung<br>Markov Analyse<br>Dependability Analyse<br>Fehlerbaumanalyse<br>FMEA-Prozess (Fehler-Mode & -Effekt Analyse)<br>Anwendungsbeispiele |
| 14. Literatur: | Luithardt, P.: Methoden der Sicherheitsanalyse. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013.<br><br>Clifton, Ericson. Hazard Analysis Techniques for System Safety. John Wiley Sons, Inc. 2005<br><br>Meyna, Pali. Taschenbuch der Zuverlässigkeits- und Sicherheitstechnik.<br><br>Hanser, 2003. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451801 Vorlesung Methoden der Sicherheitsanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45181 | Methoden der Sicherheitsanalyse (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 44590 Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | Reinhard Reichel |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse in speziellen Methoden der Modellierung und Analyse von Luftfahrt- und Avioniksystemen. |
| 13. Inhalt: | Systemmodellierung und -analyse mittels<br>• Aussagenlogik<br>• SysML, UML<br>• regelbasierter Ansätze |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 445901 Seminar Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44591 Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0, |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44880 Nichtlineare Optimierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage, praktische Optimierungsprobleme in die Standardform eines nichtlinearen Parameteroptimierungsproblems zu überführen und die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für die Lösung aufzustellen.<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über gradientenbasierte numerische Lösungsverfahren für nichtlineare Parameteroptimierungsprobleme. Zu jedem Verfahren sind die zugrunde liegende Entwurfsidee und die praktischen Vor- und Nachteile bekannt. |
| 13. Inhalt: | • das nichtlineare Parameteroptimierungsproblem: Aufgabenstellung und Beispiele<br>• notwendige und hinreichende Bedingungen für ein lokales Minimum<br>• gradientenbasierte numerische Verfahren für unbeschränkte Probleme (Gradientenverfahren, Newton- und Quasi-Newton-Verfahren usw.)<br>• gradientenbasierte numerische Verfahren für beschränkte Probleme (SQP-Verfahren usw.) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | • W. Grimm, K.H. Well: Nichtlineare Optimierung, Skript<br>• J.S. Arora, Introduction to Optimum Design, McGraw-Hill<br>• R. Fletcher, Practical Methods of Optimization, Wiley<br>• P.E. Gill, Numerical Methods for Constrained Optimization, Academic Press<br>• G.L. Nemhauser et al. (eds.), Optimization, Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol. 1, North Holland<br>• Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448801 Vorlesung Nichtlineare Optimierung<br>• 448802 Übung Nichtlineare Optimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Nichtlineare Optimierung, Vorlesung: 58 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 30 h)<br>Nichtlineare Optimierung , Übung: 32 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 18 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44881 Nichtlineare Optimierung (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0, mit Hilfsmitteln |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44950 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen im Modul „Nichtlineare Optimierung", Modulkürzel 060200111 |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind mit der mathematischen Problemstellung (Optimalsteuerungsproblem) vertraut und kennen typische Beispiele aus der Luft- und Raumfahrt.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems aufzustellen und daraus ein Randwertproblem abzuleiten.<br>• Die Studierenden kennen die Arbeitsweise und Eigenschaften so genannter direkter Verfahren zur Lösung von Optimalsteuerungsproblemen. |
| 13. Inhalt: | • Optimalsteuerungsproblem: allgemeine Aufgabenstellung in verschiedenen Ausbaustufen, spezielle Aufgabenstellungen in der Luft- und Raumfahrt<br>• notwendige Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems, akademische und praktische Anwendungsbeispiele, auf den notwendigen Bedingungen aufbauende numerische Lösungsverfahren (indirektes Mehrzielverfahren) |

| | |
|---|---|
| | • direkte Methoden zur Lösung eines Optimalsteuerungsproblems (direktes Mehrzielverfahren, direkte Kollokation)<br>• Rechnerübungen zum Kennenlernen professioneller Bahnoptimierungsprogramme |
| 14. Literatur: | • W. Grimm: Bahnoptimierung für Luft- und Raumfahrzeuge, Skript<br>• A.E. Bryson, Y.-Ch. Ho: Applied Optimal Control, Hemisphere Publishing<br>• B.A. Conway (ed.): Spacecraft Trajectory Optimization, Cambridge U. Press |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 449501 Vorlesung Optimalsteuerung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44951 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44960 Optimierung und Optimalsteuerung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200120 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage, praktische Optimierungsprobleme in die Standardform eines nichtlinearen Parameteroptimierungsproblems zu überführen und die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für die Lösung aufzustellen.<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über die numerischen Lösungsverfahren für nichtlineare Parameteroptimierungsprobleme. Das betrifft insbesondere die einem Verfahren zugrunde liegende Entwurfsidee und die praktischen Vor- und Nachteile.<br>• Die Studierenden sind mit der Aufgabenstellung der optimalen Steuerung vertraut und kennen typische Beispiele aus der Luft- und Raumfahrt.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems aufzustellen und daraus ein Randwertproblem abzuleiten.<br>• Die Studierenden kennen die Arbeitsweise und Eigenschaften so genannter direkter Verfahren zur Lösung von Optimalsteuerungsproblemen. |
| 13. Inhalt: | • das nichtlineare Parameteroptimierungsproblem: Aufgabenstellung und Beispiele<br>• notwendige und hinreichende Bedingungen für ein lokales Minimum<br>• numerische Verfahren für unbeschränkte Probleme (Gradientenverfahren, Newton- und Quasi-Newton-Verfahren usw.)<br>• numerische Verfahren für beschränkte Probleme (SQP-Verfahren usw.) |

| | |
|---|---|
| | • Optimalsteuerungsproblem: allgemeine Aufgabenstellung in verschiedenen Ausbaustufen, spezielle Aufgabenstellungen in der Luft- und Raumfahrt<br>• notwendige Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems, akademische und praktische Anwendungsbeispiele, auf den notwendigen Bedingungen aufbauende numerische Lösungsverfahren (indirektes Mehrzielverfahren)<br>• direkte Methoden zur Lösung eines Optimalsteuerungsproblems (direktes Mehrzielverfahren, direkte Kollokation)<br>• Rechnerübungen zum Kennenlernen professioneller Bahnoptimierungsprogramme |
| 14. Literatur: | • W. Grimm, K.H. Well: Nichtlineare Optimierung, Skript<br>• W. Grimm: Bahnoptimierung für Luft- und Raumfahrzeuge, Skript<br>• J.S. Arora, Introduction to Optimum Design, McGraw-Hill<br>• R. Fletcher, Practical Methods of Optimization, Wiley<br>• P.E. Gill, Numerical Methods for Constrained Optimization, Academic Press<br>• G.L. Nemhauser et al. (eds.), Optimization, Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol. 1, North Holland<br>• A.E. Bryson, Y.-Ch. Ho: Applied Optimal Control, Hemisphere Publishing<br>• B.A. Conway (ed.): Spacecraft Trajectory Optimization, Cambridge U. Press<br>• Vortragsübungen zu Nichtlinearer Optimierung im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449601 Vorlesung Nichtlineare Optimierung<br>• 449602 Übung Nichtlineare Optimierung<br>• 449603 Vorlesung Optimalsteuerung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Nichtlineare Optimierung, Vorlesung: 48 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 40 h)<br>Nichtlineare Optimierung, Übung: 44 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 30 h)<br>Optimalsteuerung, Vorlesung: 68 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 40 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44961 Optimierung und Optimalsteuerung (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 45050 Regelung von Gasturbinen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400115 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Wolfgang Berns |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden verstehen die notwendigen Grundlagen für die Regelung von Gasturbinen<br>• Die Studierenden verstehen die Anforderungen an die Regelung von Gasturbinen.<br>• Die Studierenden verstehen den Unterschied in den Anforderungen bei stationären und fliegenden Geräten.<br>• Die Studierenden kennen und verstehen das Regelungssystem stationärer Gasturbinen.<br>• Die Studierenden kennen und verstehen das Regelungssystem fliegender Gasturbinen.<br>• Die Studierenden verstehen die Prozessleittechnik stationärer Gasturbinen.<br>• Die Studierenden verstehen die Regelungstechnik fliegender Gasturbinen. |
| 13. Inhalt: | • Kurze Wiederholung Grundlagen Regelungstechnik<br>• Anforderungen an die Regelung von Behörden und Betreibern<br>• Aufgaben der Regelung |

| | |
|---|---|
| | • Wichtigste Regelkreise<br>• Verwendete Messtechnik<br>• Prozessleittechnikr |
| 14. Literatur: | Kulikov G., Thompson H.: Dynamic Modelling of Gas Turbines Springer |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450501 Vorlesung Regelung von Gasturbinen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45051 Regelung von Gasturbinen (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45120 Satellitennavigation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062100001 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Alfred Kleusberg |
| 9. Dozenten: | Alfred Kleusberg |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die grundlegenden Methoden der Satellitennavigation. Sie können Fehlerquellen bei der Satellitennavigation benennen, deren Größenordnung abschätzen und wissen, mit welchen Methoden sie verringert oder eliminiert werden können. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Funktionsprinzip des Satellitennavigationssystems GPS umfasst: zugehörige Bezugssysteme (WGS84, ITRFxx), Zeitsysteme, Satellitenbahnen - Erweiterung der ungestörten Keplerbewegung auf gestörte Keplerbewegung (osculierende Keplerelemente, Störeinflüsse (Art und Größe)), Berechnung der Satellitenposition, Darstellung und Übertragung der Orbitparameter (Broadcast-Ephemeriden, Almanach), Präzise Ephemeriden, Konstellation, Signalaufbau: Träger, Codes, Message, zur Wahl der Wellenlänge des Trägers, Modulation, Generierung und Eigenschaften von PRN-Codes, Korrelationsverhalten der Codes, Ausbreitung der GPS-Signale (Maxwells Gleichungen, Refraktivität,<br>dispersive Medien, Gruppengeschwindigkeit,...), Beschreibung der ionosphär. und troposphär. Refraktion (Appleton-Harttree-Formel, Smith- & Weintraub-Formel), Korrekturmodelle für Refraktion (TECValues, Klobuchar Modell, Hopfield-Modell), Modellierung weiterer Fehlereinflüsse auf die Messung (Uhrenfehler, Bahnfehler), Aufgaben des Empfängers, Signalidentifizierung,<br>Prinzip der Laufzeitmessung, Unterscheidung von Signalen, Empfängerdesign, Modellbildung für Pseudostrecken, Positionierung mit Auswertung der Codeinformation, NMEA: Standard-Format für die Navigation, Differentielle Techniken (SAPOS, GBAS, SBAS), Analyse von Korrekturdaten (Arten, Übertragung, Formate: RTCM, RTCA) |
| 14. Literatur: | Online-Skript, IS-GPS-200D |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451201 Vorlesung Satellitennavigation |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenszeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45121 Satellitennavigation (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PPT-Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Navigation |

# Modul: 45140 Schätzverfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200117 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | Walter Fichter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden haben einen Überblick, welche praxisrelevanten Problemstellungen auf Schätzaufgaben führen.<br>• Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.<br>• Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe der stochastischen Prozesse. Die Studierenden kennen die Eigenschaften von Systemen mit Eingängen in Form stochastischer Prozesse.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten linearen Parameterschätzverfahren und deren statistische Eigenschaften.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, Schätzaufgaben mithilfe von Matlab zu lösen.<br>• Die Studierenden kennen die fachlichen Querverbindungen zu linearen Filterverfahren und numerischer Parameteroptimierung. |
| 13. Inhalt: | • praktische Anwendungsbeispiele für Schätzaufgaben<br>• Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik<br>• Grundbegriffe der stochastischen Prozesse und ihr Zusammenspiel mit linearen Systemen<br>• lineare Parameterschätzverfahren (Verfahren der kleinsten Quadrate und der minimalen Varianz, Maximum Likelihood Methode)<br>• Umsetzung von Schätzverfahren mit Matlab |
| 14. Literatur: | • Fichter, W., King, F.: Schätzverfahren. Skript zum gleichnamigen Seminar, Institut für Flugmechanik und Flugregelung, Universität Stuttgart, 2010. |

| | |
|---|---|
| | • Mendel, J.M.: Lessons in Estimation Theory for Signal Processing, Communications and Control. Prentice Hall, 1995.<br>• Crassidis, J.L., Junkins, J.L.: Optimal Estimation and Dynamic Systems. Chapman & Hall / CRC, 2004.<br>• Unbehauen, H.: Regelungstechnik 3, Vieweg, 2000. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451401 Seminar Schätzverfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45141 Schätzverfahren (BSL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, schriftliche Ausarbeitung mit Präsentation über ein spezielles Thema aus den Schätzverfahren |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 45150 Schätzverfahren und Flugmesstechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200119 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | • Walter Fichter<br>• Arne Altmann |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | **Schätzverfahren**<br>• Die Studierenden haben einen Überblick, welche praxisrelevanten Problemstellungen auf Schätzaufgaben führen.<br>• Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.<br>• Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe der stochastischen Prozesse. Die Studierenden kennen die Eigenschaften von Systemen mit Eingängen in Form stochastischer Prozesse.<br>• Die Studierenden kennen die wichtigsten linearen Parameterschätzverfahren und deren statistische Eigenschaften.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, Schätzaufgaben mithilfe von Matlab zu lösen.<br>• Die Studierenden kennen die fachlichen Querverbindungen zu linearen Filterverfahren und numerischer Parameteroptimierung.<br><br>**Flugmesstechnik**<br>Die Studierenden sind in der Lage, einen Flugversuch für ein Flugzeug der Allgemeinen Luftfahrt (General Aviation) zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Außerdem sollen sie ihre Ergebnisse in einem schriftlichen Bericht und in einem Vortrag übersichtlich und aussagekräftig darstellen können. |
| 13. Inhalt: | **Schätzverfahren**<br>• praktische Anwendungsbeispiele für Schätzaufgaben<br>• Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik |

| | |
|---|---|
| | • Grundbegriffe der stochastischen Prozesse und ihr Zusammenspiel mit linearen Systemen<br>• lineare Parameterschätzverfahren (Verfahren der kleinsten Quadrate und der minimalen Varianz, Maximum Likelihood Methode)<br>• Umsetzung von Schätzverfahren mit Matlab<br><br>**Flugmesstechnik**<br>• Grundlagen: Hintergründe zu den Messflügen, Erfassung von Messgrößen, Instrumentierung eines Flugzeuges, Flugleistungen.<br>• Einführung in das Experimentalflugzeug: Systeme, Flugleistung, Instrumentierung mit zentraler Datenerfassungsplattform.<br>• Vorbereiten und Durchführen eines Messfluges: Erstellen eines individuellen Messprogramms, Ausarbeitung der zugehörigen FlightCards, Durchführung der Flugmesskampagne mit Piloten, Messdatenauswertung und Erstellen eines Ergebnisberichtes. |
| 14. Literatur: | • Fichter, W., King, F.: Schätzverfahren. Skript zum gleichnamigen Seminar, Institut für Flugmechanik und Flugregelung, Universität Stuttgart, 2010.<br>• Mendel, J.M.: Lessons in Estimation Theory for Signal Processing, Communications and Control. Prentice Hall, 1995.<br>• Crassidis, J.L., Junkins, J.L.: Optimal Estimation and Dynamic Systems. Chapman & Hall / CRC, 2004.<br>• Unbehauen, H.: Regelungstechnik 3, Vieweg, 2000.<br>• Skript zur Vorlesung<br>• European Aviation Safety Agency: „Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes CS-23"<br>• Edward A. Haering, Jr.: "Airdata Measurement and Calibration" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 451501 Seminar Schätzverfahren<br>• 451502 Seminar Flugmesstechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Schätzverfahren: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Flugmesstechnik: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 (Präsenzzeit: 56 h, Selbststudium: 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45151 Schätzverfahren und Flugmesstechnik (PL), schriftlich und mündlich, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Schätzverfahren: Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz,<br>Flugmesstechnik: PowerPoint-Präsentation, Tafel, Experimentalflugzeug |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44360 Spezielle Methoden der Systemtechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060900123 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Reinhard Reichel |
| 9. Dozenten: | • Reinhard Reichel<br>• Philipp Luithardt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben detaillierte Kenntnisse in den Bereichen<br>• Grundlegende Methoden zur angewandten Sicherheitsanalyse von Luftfahrtsystemen,<br>• spezielle Methoden der Modellierung und Analyse von Luftfahrt- und Avioniksystemen. |
| 13. Inhalt: | Methoden der Sicherheitsanalyse<br>• Spezielle Themen der Wahrscheinlichkeitsrechnung<br>• Markov Analyse<br>• Dependability Analyse<br>• Fehlerbaumanalyse<br>• Systembezogener FMEA-Prozess (Fehler-Mode & -Effekt Analyse)<br>• Anwendungsbeispiele<br>Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse: Systemmodellierung und -analyse mittels<br>• Aussagenlogik<br>• SysML, UML<br>• regelbasierter Ansätze |
| 14. Literatur: | • Reichel, R.: Sicherheitsanalyse von Luftfahrtsystemen. Skript, Institut für Luftfahrtsysteme, Universität Stuttgart, 2013. |

| | |
|---|---|
| | • Clifton, Ericson. Hazard Analysis Techniques for System Safety. John Wiley Sons, Inc. 2005<br>• Meyna, Pali. Taschenbuch der Zuverlässigkeits-und Sicherheitstechnik. Hanser, 2003.<br>• Skript zur Vorlesung<br>• Übungen zur Vorlesung |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 443601 Seminar Methoden der Systemmodellierung und Systemanalyse<br>• 443602 Vorlesung Methoden der Sicherheitsanalyse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44361 Spezielle Methoden der Systemtechnik (PL), mündliche Prüfung, Gewichtung: 1.0, (Methoden der Systemmodellierung, 20 min., Gewichtung: 0.5; Methoden der Sicherheitsanalyse, 20 min., Gewichtung 0.5) |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# 213 Informationstechnik in der LRT

Zugeordnete Module:
2131 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung
2132 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

# 2131 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung

# 2132 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 43070 | Verkehrstelematik |
| 44120 | Art of Science of Systems Architecting |
| 44230 | Digitale Bildverarbeitung |
| 44250 | Digitaler Produktentwurf |
| 44280 | Effizient programmieren |
| 44690 | Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen |
| 44700 | Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt |
| 44790 | Lineare Schätzverfahren |
| 44880 | Nichtlineare Optimierung |
| 44890 | Nichtlineare und digitale Regelung |
| 44950 | Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik |
| 45090 | Robuste Regelung |
| 45160 | Seminar Entwurfssprachen |
| 45190 | Softwaretechnik |
| 45430 | Wissensverarbeitung und Softcomputing |
| 51970 | Moderne Methoden der Regelungstechnik |

# Modul: 44120 Art of Science of Systems Architecting

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600103 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Digitaler Produktentwurf, Modulkürzel 060600105 |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Ansätze und Grundlagen zum Entwurf und Management großer Ingenieursysteme (Flugzeuge, Satelliten, Autos, Schiffe, usw.) kennen und kritisch hinterfragen. Hierzu wird der aktuelle Stand der Vorgehensweise durch Vertreter aus der Industrie dargestellt und vergleichend untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Ansätze, Methoden und Vorgehensweisen großer Ingenieursysteme kennen und analysieren. Hierzu gehören folgende Ingenieursysteme: :<br>- Flugzeuge (z.B. Kabine, N.N., Airbus Operations GmbH, Hamburg)<br>- Autos (z.B. Body in white, N.N., Daimler AG, Sindelfingen)<br>- Schiffe (Systems Eng. F125, N.N., Blohm & Voss, Hamburg)<br>- Satelliten (Virtual Spacecraft Design, N.N., EADS Astrium, Friedr.)<br>- Hubschrauber (Requirements Eng., N.N., ESG GmbH, Ausgburg)<br>- Softwaresysteme (Architektur, N.N., IBM Deutschland GmbH)<br>- Netzwerke (Datensicherheit, N.N. LKA Stuttgart)<br>- Rechenzentren (Dienste, N.N., AOK Baden-Württemberg)<br><br>Hierbei wird in der Analyse und Synthese der komplexen Systeme bes. Augenmerk auf folgende Eigenschaften der Methoden gelegt:<br>- Erkennen von Kopplungen (natürlichsprachliche Beschreibung)<br>- Formalisierung auf formale (Fach-)Ontologie<br>- Ableitung des verwendeten Entwurfsschemas<br>- Identifikation von Entwurfstreibern<br>- Sensitivitätsanalysen/system trades<br>- Topologiebewertung/Technologieeinhüllende |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Art and Science of Systems Architecting<br>INCOSE Systems Engineering Handbook<br>NASA systems engineering manual<br>ESA ECSS design standards<br>Luftfahrttechnisches Handbuch |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 441201 Vorlesung Art and Science of Systems Architecting |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44121 Art of Science of Systems Architecting (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44230 Digitale Bildverarbeitung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 62200138 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Norbert Haala |
| 9. Dozenten: | • Norbert Haala<br>• Michael Cramer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden verfügen über Kenntnisse für die digitale Erfassung und Prozessierung von Bilddaten. Sie kennen die mathematischen Grundlagen der grundlegenden Verfahren der Bildvorverarbeitung und -analyse und können diese algorithmisch umsetzen. Sie sind in der Lage grundlegende automatische Bildauswerteverfahren für die 3D Objekterfassung zu nutzen. Die Studierenden verfügen über Kenntnisse der geometrischen Objektrekonstruktion aus Bilddaten und mathematisch geometrischen Grundlagen der Bildauswertung. |
| 13. Inhalt: | • Erfassung und Repräsentation digitaler Bilder<br>• optische Abbildung, geometrische Umbildung<br>• Bildvorverarbeitung, Bildverbesserung<br>• Faltung und Filterung im Orts- und Frequenzraum<br>• Bildzuordnung für die geometrische Bildauswertung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung, MATLAB-Demos<br>Gonzales,R. & Woods,R. (2002) Digital Image Processing, Prentice Hall<br>Jähne, B. (2005) Digitale Bildverarbeitung, Springer, Hartley and Zisserman , Multiple View Geometry in Computer Vision, Cambridge University Press |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442301 Vorlesung und Übung Bildverarbeitung<br>• 442302 Vorlesung und Übung Einführung in die projektive Geometrie |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Bildverarbeitung, Vorlesung und Übung: 126 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 84 h)<br>Einführung in die projektive Geometrie, Vorlesung und Übung: 54 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 40 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44231 Digitale Bildverarbeitung (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), schriftlich, eventuell mündlich |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44250 Digitaler Produktentwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen digitale Abbilder des Produktlebenszyklus, d.h. digitale Modellierung aller Daten vom Ingenieurentwurf bis hinein in die Digitalen Fabrik, kennen und vergleichend zu bewerten. Zugehörige Paradigmen des Model-Driven Engineering und des Knowledge-based Engineering können unter dem Gesichtspunkt einer modernen Konstruktionsmethodik mit modernen Methoden des Digital Engineering diskutiert werden. Zudem ist ein Überblick auf Forschungsthemen im Digital Engineering vorhanden. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen, eine Fähigkeitsanalyse existierender wissensbasierter Lösungen, z.B. des<br>• knowledge-based engineering in CAD-Systemen (z.B. CATIA Templates, Regeln)<br>• model-based engineering in numerischen Tools (z.B. Matlab/Simulink Modellierung) vergleichend zu analysieren und kritisch zu bewerten. Hierzu werden die notwendigen Grundlagen über Begriffssysteme (Ontologien) bereitgestellt: |

| | |
|---|---|
| | • Begriffshüllen in Entwurfssprachen<br>• Formale Begriffsanalyse (Begriff: Inhalt, Umfang)<br>• Vokabel- und Regelbegriff in Ontologien<br>• Entwurfsformalisierung in Entwurfssprachen (Entwurfstransformationen, M2M, M2T)<br>• Fertigungsformalisierung in Entwurfssprachen (Fertigungstransformationen, M2M, M2T)<br>• Erstellung und Analyse eigener und fremder Entwurfssprachen (Satellit, Flugzeug)<br>• Vergleich zur Informatik: (UML, SysML, Code-Generierung) und vermittelt. |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Russel, Norvik, Artificial Intelligence,<br>Weilkins, T.: Systems Engineering with SysML/UML.<br>Dpunkt Verlag, 2006. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442501 Vorlesung mit integrierten Übungen Digitaler Produktentwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenszeit 28h, Selbststudium 62h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44251 Digitaler Produktentwurf (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44280 Effizient programmieren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110114 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manuel Keßler |
| 9. Dozenten: | Manuel Keßler |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Programmiererfahrung mit größeren Codes, vorzugsweise in C/C++ und/ oder Fortran |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind in der Lage, große Programmsysteme strukturiert und systematisch weiter zu entwickeln, wie es beispielsweise für eine Masterarbeit oder Promotion erforderlich sein könnte. Insbesondere steht dabei die effiziente Ausführung auf HPC-Systemen mit im Vordergrund. |
| 13. Inhalt: | • Arbeitsumgebung, nützliche Tools in der automatischen Entwicklung<br>• Fehlersuche und Dokumentation<br>• Codemanagement<br>• Hardwarebesonderheiten<br>• Parallelisierung<br>• Wiederverwendung<br>• Objektorientierung und UML<br>• Python und C++<br>• GPU-Programmierung |
| 14. Literatur: | Skript „Effizient programmieren" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442801 Vorlesung Effizient programmieren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 45 h, Selbststudium 45 h, Projekt und Präsentationsvorbereitung 90 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44281 Effizient programmieren (LBP), Sonstiges, Gewichtung: 1.0, Benotetes Kurzprojekt mit Vortrag (20 min.) |
| 18. Grundlage für ... : | |

| | |
|---|---|
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Aerodynamik von Luft- und Raumfahrzeugen |

# Modul: 44690 Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Ansätze und Grundlagen zum Entwurf von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen kennen und kritisch hinterfragen. Hierzu werden klassische Verfahren vorgestellt vergleichend untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Ansätze, Methoden und Vorgehensweisen bekannter klassischer Algorithmen und Datenstrukturen kennen und analysieren. Hierzu gehören folgende Themen:<br>- Sortieralgorithmen<br>- Suchalgorithmen<br>- Hashverfahren<br>- Bäume und Graphen<br>- Graphenalgorithmen<br>- topologisches Sortieren<br>- maximale Zuordnungen<br>- stark zusammenhängende Komponenten<br>- kürzeste Wege<br>- Suche in Texten<br><br>Neuere Ingenieuralgorithmen und Verfahren<br>- Vernetzungsalgorithmen (Delaunay, ...)<br>- Packaging-Algorithmen (Heuristiken, ...)<br>- Routing-Algorithmen (Heuristiken, ...) |

| | |
|---|---|
| | Inspektion und Analyse von Datenstrukturen und Algorithmen in verfügbaren OpenSource Paketen:<br>- OpenCascade (CAD), Gmesh (Vernetzung), OpenFoam (CFD), CodeAster (FEM), ...<br><br>Entwurfssprachen<br>- Vokabeln, Regeln, Axiom, Produktionssysteme<br>- Eindeutigkeit, Vollständigkeit, Validierung und Verifikation |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Skiena, The Algorithm Design Manual<br>Ottmann, Widmayer: Algorithmen und Datenstrukturen<br>Sedgewick, Algorithms.<br>Schöning: Ideen aus der Informatik |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446901 Vorlesung Konzeption von Algorithmen I, Datenstrukturen und Entwurfssprachen<br>• 446902 Vorlesung Konzeption von Algorithmen II, Datenstrukturen und Entwurfssprachen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Konzeption von Algorithmen I: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Konzeption von Algorithmen II: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44691 Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44700 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062000303 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Nicolaas Sneeuw |
| 9. Dozenten: | Nicolaas Sneeuw |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Am Ende der LV ist der Studierende in der Lage, die in der Luft- und Raumfahrt und für die Geodäsie fundamentalen Begriffe Bezugssystem und Bezugsrahmen und ihre Festlegung zu verstehen, zu unterscheiden und einzusetzen. Er hat ein Grundverständnis für die den Transformationen zugrunde liegenden physikalischen Ursachen und |

| | |
|---|---|
| | ihrer Einflüsse auf die Festlegung raumfester, erdfester und bewegter Bezugssysteme. Ebenso ist er in der Lage, selbstständig die Korrekturen für Präzession, Nutation, Polbewegung zu ermitteln und die präzise Transformation zwischen raumfesten und erdfesten Bezugsrahmen in der Praxis durchzuführen. Er besitzt Grundkenntnisse über die in Deutschland vorherrschenden legalen Kartenkoordinaten (Gauß-Krüger und UTM) und beherrscht die in der Raumfahrt und Satellitengeodäsie verwendeten Zeitskalen und Zeitsysteme. |
| 13. Inhalt: | • Geodätische Koordinaten und -systeme (3D) sowie deren Transformation: kartesische Systeme, krummlinige Systeme (sphärisch, ellipsoidisch);<br>• Einführung Kartenkoordinaten(systeme);<br>• Drehmomente, -kräfte, -tensor, Kinematik und Dynamik im rotierenden System<br>• konventionelle Referenzsysteme und -rahmen<br>• Erdrotation, Präzession, Nutation, Polbewegung<br>• Tisserand-Prinzip, no net rotation, globale und regionale Netze<br>• Zeit und Zeitsysteme: Auf der Erdrotation gegründete Zeitsysteme, Zeitsysteme der Himmelsmechanik, Atomzeitsysteme; |
| 14. Literatur: | Seeber, Satellite geodesy, de Gryuter, 2003<br>Vorlesungsskript |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447001 Vorlesung Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudiumszeit 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44701 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44790 Lineare Schätzverfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062000302 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Nicolaas Sneeuw |
| 9. Dozenten: | Nicolaas Sneeuw |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Kenntnis der Schätzverfahren erlaubt den Studenten, unbekannte Parameter aus Beobachtungen zu schätzen und deren Güte zu beschreiben. Studenten sind in der Lage, einen linearen Zusammenhang zwischen Parametern und Daten herzustellen, eventuell nach Linearisierung von nicht-linearen Vorgängen. Sie können selbständig entscheiden, welche funktionalen und stochastischen Modelle zur Ausgleichung/Parameterschätzung inkonsistenter Beobachtungen zweckmäßig eingesetzt werden. Sie sind in der Lage, die Qualität des Schätzergebnisses zu analysieren und zu beschreiben sowie durch statistische Testverfahren zu überwachen. |
| 13. Inhalt: | • Geschichte Grundlagen der Schätzverfahren in Geodäsie und Astronomie<br>• Beobachtungsgleichungen<br>• Stochastische Modellierung<br>• Lineare Schätztheorie, einschließlich geometrische Interpretation<br>• Linearisierung nicht-linearer Gleichungssysteme<br>• Gauss-Markoff-Modell, ohne und mit Restriktionen<br>• Hypothesentests<br>• Zuverlässigkeitsanalyse<br>• Anwendungen auf Probleme der Luft- und Raumfahrt |
| 14. Literatur: | • Sneeuw & Krumm (2011) Adjustment Theory, Skript, Universität Stuttgart<br>• Matlab |

| | |
|---|---|
| | • Teunissen PJG (2003) Adjustment Theory, Testing Theory, Delft Univ Press<br>• Niemeier, W. (2008) Ausgleichungsrechnung, de Gruyter, Berlin |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 447901 Vorlesung Lineare Schätzverfahren<br>• 447902 Übung Lineare Schätzverfahren |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Lineare Schätzverfahren, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Lineare Schätzverfahren, Übung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 44791 Lineare Schätzverfahren (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), schriftliche Prüfung |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 51970 Moderne Methoden der Regelungstechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Regelung, Navigation und Systementwurf, Modul 060200100 |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage, anhand des Frequenzgangs die Eigenschaften eines Regelkreises zu beurteilen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Unsicherheiten des Streckenmodells systematisch zu beschreiben.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, Regelkreise auf robuste Stabilität und robuste Regelqualität hin zu prüfen und robuste Regler zu entwerfen.<br>• Die Studierenden beherrschen die Stabilitätsbegriffe und -kriterien für nichtlineare Systeme. Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte Methoden der nichtlinearen Regelung anzuwenden.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, digitale Regelkreise zu modellieren und zu entwerfen. |
| 13. Inhalt: | • Störeinflüsse und Übertragungsfunktionen im Regelkreis, Beurteilung eines Regelkreises anhand des Frequenzgangs<br>• Analyse linearer Mehrgrößensysteme mithilfe von Singulärwertdiagrammen<br>• Beschreibung strukturierter und unstrukturierter Modellunsicherheiten, Kriterien für robuste Stabilität und robuste Regelqualität<br>• H-Unendlich-Regelung<br>• mue-Analyse<br>• nichtlineare Regelung: Stabilitätsbegriffe und -kriterien, Kennfeldregelung, nichtlineare Vorsteuerung, Ein/Ausgangs-Linearisierung, praktische Berechnung von Arbeitspunkten, Eigenschaften nichtlinearer Systeme mit linearem Regler |

| | |
|---|---|
| | • digitale Regelung: diskretes Streckenmodell im Zeit- und Frequenzbereich, Shannon-Theorem, Berücksichtigung der Diskretisierung im kontinuierlichen Entwurf, diskrete Entwurfsmethoden für lineare Ein- und Mehrgrößensysteme |
| 14. Literatur: | W. Grimm: Regelungstechnik 3, Skript<br><br>W. Grimm: Nichtlineare Regelung, Skript<br><br>W. Grimm: Digitale Regelung, Skript<br><br>K. Müller: Entwurf robuster Regelungen, Teubner<br><br>J. Raisch: Mehrgrößenregelung im Frequenzbereich, Oldenbourg<br><br>Skogestad, S. und I. Postlethwaite: Multivariable Feedback Control, Analysis and Design, Wiley<br><br>J. Lunze: Regelungstechnik 2, Springer<br>H. P. Geering: Regelungstechnik, Springer<br>S. Engell: Entwurf nichtlinearer Regelungen, Oldenbourg<br>J.-J. E. Slotine: Applied Nonlinear Control, Prentice Hall<br><br>Vortragsfolien und Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 519701 Vorlesung Robuste Regelung<br>• 519702 Robuste Regelung<br>• 519703 Vorlesung Nichtlineare und digitale Regelung<br>• 519704 Nichtlineare und digitale Regelung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Robuste Regelung, Vorlesung: 14 h Präsenzzeit, 31 h Selbststudium<br><br>Robuste Regelung, Übung: 14 h Präsenzzeit, 31 h Selbststudium<br><br>Nichtlineare und digitale Regelung, Vorlesung: 14 h Präsenzzeit, 31 h Selbststudium<br><br>Nichtlineare und digitale Regelung, Übung: 14 h Präsenzzeit, 31 h Selbststudium |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 51971 Moderne Methoden der Regelungstechnik (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44880 Nichtlineare Optimierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage, praktische Optimierungsprobleme in die Standardform eines nichtlinearen Parameteroptimierungsproblems zu überführen und die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für die Lösung aufzustellen.<br>• Die Studierenden haben einen Überblick über gradientenbasierte numerische Lösungsverfahren für nichtlineare Parameteroptimierungsprobleme. Zu jedem Verfahren sind die zugrunde liegende Entwurfsidee und die praktischen Vor- und Nachteile bekannt. |
| 13. Inhalt: | • das nichtlineare Parameteroptimierungsproblem: Aufgabenstellung und Beispiele<br>• notwendige und hinreichende Bedingungen für ein lokales Minimum<br>• gradientenbasierte numerische Verfahren für unbeschränkte Probleme (Gradientenverfahren, Newton- und Quasi-Newton-Verfahren usw.)<br>• gradientenbasierte numerische Verfahren für beschränkte Probleme (SQP-Verfahren usw.) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | • W. Grimm, K.H. Well: Nichtlineare Optimierung, Skript<br>• J.S. Arora, Introduction to Optimum Design, McGraw-Hill<br>• R. Fletcher, Practical Methods of Optimization, Wiley<br>• P.E. Gill, Numerical Methods for Constrained Optimization, Academic Press<br>• G.L. Nemhauser et al. (eds.), Optimization, Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol. 1, North Holland<br>• Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448801 Vorlesung Nichtlineare Optimierung<br>• 448802 Übung Nichtlineare Optimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Nichtlineare Optimierung, Vorlesung: 58 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 30 h)<br>Nichtlineare Optimierung , Übung: 32 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 18 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44881 Nichtlineare Optimierung (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0, mit Hilfsmitteln |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44890 Nichtlineare und digitale Regelung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200116 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Regelung, Navigation und Systementwurf, Modul 060200100 |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Stabilitätsbegriffe und -kriterien für nichtlineare Systeme. Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte Methoden der nichtlinearen Regelung anzuwenden.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, digitale Regelkreise zu modellieren und zu entwerfen. |
| 13. Inhalt: | • nichtlineare Regelung: Stabilitätsbegriffe und -kriterien, Kennfeldregelung, nichtlineare Vorsteuerung, Ein/Ausgangs-Linearisierung, praktische Berechnung von Arbeitspunkten, Eigenschaften nichtlinearer Systeme mit linearem Regler<br>• digitale Regelung: diskretes Streckenmodell im Zeit- und Frequenzbereich, Shannon-Theorem, Berücksichtigung der Diskretisierung im kontinuierlichen Entwurf, diskrete Entwurfsmethoden für lineare Ein- und Mehrgrößensysteme |
| 14. Literatur: | • W. Grimm: Nichtlineare Regelung, Skript<br>• W. Grimm: Digitale Regelung, Skript<br>• J. Lunze: Regelungstechnik 2, Springer<br>• H. P. Geering: Regelungstechnik, Springer<br>• S. Engell: Entwurf nichtlinearer Regelungen, Oldenbourg<br>• J.-J. E. Slotine: Applied Nonlinear Control, Prentice Hall<br>• Vortragsfolien und Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448901 Vorlesung Nichtlineare und digitale Regelung<br>• 448902 Übung Nichtlineare und digitale Regelung |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Nichtlineare und digitale Regelung, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Nichtlineare und digitale Regelung, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44891 Nichtlineare und digitale Regelung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 44950 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Besuch der Lehrveranstaltungen im Modul „Nichtlineare Optimierung", Modulkürzel 060200111 |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind mit der mathematischen Problemstellung (Optimalsteuerungsproblem) vertraut und kennen typische Beispiele aus der Luft- und Raumfahrt.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems aufzustellen und daraus ein Randwertproblem abzuleiten.<br>• Die Studierenden kennen die Arbeitsweise und Eigenschaften so genannter direkter Verfahren zur Lösung von Optimalsteuerungsproblemen. |
| 13. Inhalt: | • Optimalsteuerungsproblem: allgemeine Aufgabenstellung in verschiedenen Ausbaustufen, spezielle Aufgabenstellungen in der Luft- und Raumfahrt<br>• notwendige Bedingungen für die Lösung eines Optimalsteuerungsproblems, akademische und praktische Anwendungsbeispiele, auf den notwendigen Bedingungen aufbauende numerische Lösungsverfahren (indirektes Mehrzielverfahren) |

| | |
|---|---|
| | • direkte Methoden zur Lösung eines Optimalsteuerungsproblems (direktes Mehrzielverfahren, direkte Kollokation)<br>• Rechnerübungen zum Kennenlernen professioneller Bahnoptimierungsprogramme |
| 14. Literatur: | • W. Grimm: Bahnoptimierung für Luft- und Raumfahrzeuge, Skript<br>• A.E. Bryson, Y.-Ch. Ho: Applied Optimal Control, Hemisphere Publishing<br>• B.A. Conway (ed.): Spacecraft Trajectory Optimization, Cambridge U. Press |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 449501 Vorlesung Optimalsteuerung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44951 Optimalsteuerung in der Luft- und Raumfahrttechnik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 45090 Robuste Regelung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200115 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Werner Grimm |
| 9. Dozenten: | Werner Grimm |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 2. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 2. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 2. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 2. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Regelung, Navigation und Systementwurf, Modul 060200100 |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden sind in der Lage, anhand des Frequenzgangs die Eigenschaften eines Regelkreises zu beurteilen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Unsicherheiten des Streckenmodells systematisch zu beschreiben.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, Regelkreise auf robuste Stabilität und robuste Regelqualität hin zu prüfen und robuste Regler zu entwerfen. |
| 13. Inhalt: | • Störeinflüsse und Übertragungsfunktionen im Regelkreis, Beurteilung eines Regelkreises anhand des Frequenzgangs<br>• Analyse linearer Mehrgrößensysteme mithilfe von Singulärwertdiagrammen<br>• Beschreibung strukturierter und unstrukturierter Modellunsicherheiten, Kriterien für robuste Stabilität und robuste Regelqualität<br>• H-Unendlich-Regelung<br>• mue-Analyse |
| 14. Literatur: | • W. Grimm: Regelungstechnik 3, Skript<br>• K. Müller: Entwurf robuster Regelungen, Teubner<br>• J. Raisch: Mehrgrößenregelung im Frequenzbereich, Oldenbourg<br>• Skogestad, S. und I. Postlethwaite: Multivariable Feedback Control, Analysis and Design, Wiley<br>• Vortragsfolien und Vortragsübungen im Netz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 450901 Vorlesung Robuste Regelung<br>• 450902 Übung Robuste Regelung |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Robuste Regelung, Vorlesung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Robuste Regelung, Übung: 45 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 31 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45091 Robuste Regelung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer, elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 45160 Seminar Entwurfssprachen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600106 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Hans Rudolph |
| 9. Dozenten: | Hans Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können eigene Ansätze und Implementierungen von Entwurfssprachen vornehmen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Variantenbildung innerhalb einer Produktfamilie kritisch abschätzen. Hierzu werden von den Studierenden für einzelne Produktfamilien selbst Entwurfssprachen mit zugehörigen Algorithmen und Datenstrukturen erstellt und<br>vergleichend untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Ansätze, Methoden und Vorgehensweisen bekannter klassischer Algorithmen und Datenstrukturen kennen und analysieren. Hierzu gehören folgende Themen:<br>- Wissensrepräsentation in Entwurfssprachen (Aufbau von Bibliotheken und Ontologien)<br>- Wissensverarbeitung in Entwurfssprachen (Auswahl des passenden Programmierparadigma (prozedural, deklarativ, regelbasiert, objektorientiert) für die jeweilige Entwurfsaufgabe<br>- Erstellung von Prozeßketten unter Einbeziehung von OpenSource Paketen:<br>- OpenCascade (CAD), Gmesh (Vernetzung), OpenFoam (CFD), CodeAster (FEM), ... oder kommerziellen Analyseprogrammen für CAD, MBS, CFD, usw.<br>Entwicklung von produktspezifischen Entwurfsalgorithmen und Verfahren<br>- Optimierung (Design of Experiments, , ...)<br>- Packaging-Algorithmen (Heuristiken, ...)<br>- Routing-Algorithmen (Heuristiken, ...)<br>- Vollständigkeit, Validierung und Verifikation von Entwurfssprachen |

| | |
|---|---|
| | - usw. |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Skiena, The Algorithm Design Manual<br>Ottmann, Widmayer: Algorithmen und Datenstrukturen<br>Sedgewick, Algorithms.<br>Schöning: Ideen aus der Informatik |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451601 Seminar Konzeption von Algorithmen, Datenstrukturen und Entwurfssprachen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45161 Seminar Entwurfssprachen (LBP), Sonstiges, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45190 Softwaretechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Prinzipien der Model-Driven Architecture/ des Model- Driven Engineering kennen und einzuschätzen. Hierzu werden die Leistungsfähigkeit moderner objektorientierter Prinzipien und Sprachen (JAVA, UML, SysML) zur Definition und Implementierung von Software und Systemen vergleichend dargestellt und untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Software und Systeme anhand objektorientierter Prinzipien zu beschreiben, zu modellieren und zu implementieren. Diese Fähigkeit wird anhand der Darstellung verschiedener objektorientierter Sprachen für die Programmierung von Software (in UML und JAVA) und der Modellierungvon Systemen (in UML und SysML) vermittelt. Der Einsatz der objektorientierten<br>Methoden wird an verschiedenen Beispielen illustriert, vermittelt und geübt. Analyse der digitalen Darstellungen wichtiger Ingenieuraspekte (z.B. Geometrie als B-Rep oder CSG) und sich daraus ergebenden Konsequenzen für Interfaces in andere Ingenieuranwendungen (CAD # CAD, CAD # FEM, etc.). |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>JAVA ist nur eine Insel (online verfügbar)<br>Uhlenbohm, Chr.: JAVA ist mehr als eine Insel, Gallileo Press, 2012.<br>Gamma, E., Helm, R, Johnson, R. und Vlissides, J.: Entwurfsmuster. Addison Wesley, 2004.<br>Freeman, E. and Freeman, E.: Head First Design Patterns. O'Reilly, 2004. |

| | |
|---|---|
| | Weilkins, T.: Systems Engineering with SysML/UML. Dpunkt Verlag, 2006. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451901 Vorlesung Softwaretechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45191 Softwaretechnik (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 43070 Verkehrstelematik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062300006 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Martin Metzner |
| 9. Dozenten: | • Martin Metzner<br>• Annette Scheider |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in der Lage sein, die Interaktion von Positionsbestimmung, Navigation und Kommunikation zu verstehen und entsprechende Systeme zu analysieren und zu konzipieren. |
| 13. Inhalt: | • Verkehrstelematik für Land- und Luftverkehrsanwendungen<br>• Geodaten in der Telematik: Digitale Straßenkarte (GDF), Amtliche Kartendaten (ATKIS, OKSTRA), Digitale Flughafenkarte<br>• Kommunikationstechniken im Straßen- und Flugverkehr<br>• Ortung und Navigation: Fahrzeugsensorik<br>• Routingalgorithmen<br>• Map-Matching und Map-Aiding<br>• Fahrzeug-Navigationssysteme<br>• Verkehrsdatenerfassung: Verkehrsdaten, stationäre und infrastrukturgestützte Erfassung, Floating Car Data, Floating Phone Data<br>• Anwendungen und Dienste z.B. Verkehrsleitzentrale, Fahrerassistenzsysteme, Mobilitäts- und Informationsdienste, LBS, Flottenmanagement |

| | |
|---|---|
| | • Verkehrstelematik im Schienenverkehr<br>• Verkehrstelematik im Flugverkehr: EnRoute, Start- und Landung, Rollfeld und Rollbahnen |
| 14. Literatur: | • McQueen, B. und McQueen, J. (1999): Intelligent transportation systems architectures. Boston: Artech House.<br>• Drane, C. und Rizos, C. (1998): Positioning systems in intelligent transportation systems. Boston: Artech House. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 430701 Vorlesung Verkehrstelematik<br>• 430702 Übung Verkehrstelematik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Verkehrstelematik, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Verkehrstelematik, Übung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>**Gesamt: 180 h** (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium: 124 h |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 43071 Verkehrstelematik (PL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0<br>• V Vorleistung (USL-V), schriftliche Prüfung |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, Laptop und Beamer, GIS- und Rechenübungen |
| 20. Angeboten von: | Institut für Ingenieurgeodäsie |

# Modul: 45430 Wissensverarbeitung und Softcomputing

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600102 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Stephan Rudolph |
| 9. Dozenten: | • Werner Grimm<br>• Stephan Rudolph |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die Ansätze, Grundlagen und Algorithmen der modernen Wissensverarbeitung kennen und kritisch hinterfragen. Hierzu wird die Leistungsfähigkeit und Grenzen solcher wissensverarbeitender Systeme vergleichend dargestellt und untersucht. |
| 13. Inhalt: | Die Studierenden lernen Ansätze, Methoden und Implementierungen moderner<br>Wissensverarbeitung kennen. Dies sind im einzelnen:<br>Klassische Verfahren<br>• Wissensrepräsentation (Logik, Frames, Ontologien)<br>• Wissensverarbeitung (Regelbasierte Systeme, PROLOG)<br>• Semantik Web (OWL, ...)<br>• Softcomputing (Neuronale Netze, Fuzzy Logik und Systeme)<br>• Genetische/Evolutionäre Algorithmen<br>• lineare Optimierung<br>Nicht-klassische Verfahren<br>• Schwarmintelligenz<br>• Selbstorganisation<br>• formale Begriffsanalyse |
| 14. Literatur: | Eigenes Skript (Folien), Bücher:<br>Russel, Norvik: Artificial Intelligence - A modern approach. Addison Wesley.<br>Stumme, G. und Wille, R.: Begriffliche Wissensverarbeitung. Springer, 2000. |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 454301 Vorlesung Wissensverarbeitung<br>• 454302 Vorlesung Softcomputing |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Knowledge Processing: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Softcomputing: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45431 Wissensverarbeitung und Softcomputing (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# 214 Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT

Zugeordnete Module:
- 2141 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung
- 2142 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung
- 57160 Strukturdynamik
- 57170 Einführung in die Finite Elemente Methode

# Modul: 57170 Einführung in die Finite Elemente Methode

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br><br>• kennen die wichtigsten theoretischen Grundlagen zur Modellierung mechanischer Strukturen mit Finiten Elementen,<br>• können die Gleichgewichtsbedingungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen, lösen und auswerten. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | - Grundlagen und Anwendungen von Finite-Elemente-Modellen,<br>- Stab-, Balken- und Stab-Balken-Element,<br>- Thermische Lasten und Vorspannung,<br>- Elemente aus Mehrkörpersystemen,<br>- Koordinatentransformationen bei Finiten Elementen,<br>- Zusammenstellung von Gesamtmodellen,<br>- Nachlaufrechnung. |
| 14. Literatur: | • Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 2002<br>• Munz, C.-D.; Westermann, T.: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen. 2. Aufl. Dordrecht [u.a.]: Springer, 2009<br>• Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.: The finite element method for solid and structural mechanics. 6. Aufl., Nachdruck. Amsterdam [u.a.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006<br>• Skript<br>• zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung mit Übungen: 90 h<br>(Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57171 Einführung in die Finite Elemente Methode (BSL), schriftliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | • 45660 Finite Elemente in der Statik und Dynamik<br>• 45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D<br>• 49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II<br>• 49620 Modellbildung für Finite Elemente I<br>• 49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)<br>• 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)<br>• 49660 Nichtlineare Finite Elemente<br>• 49670 Seminar Angewandte Finite Elemente |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# 2141 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module: 44760 Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren

# Modul: 44760 Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Peter Middendorf<br>• Maged Sorour |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten wissen die wesentlichen Grundlagen des Leichtbaus, Leichtbaumethoden, Leichtbauwerkstoffe sowie moderne Werkstoffsysteme und Fertigungsverfahren. Die Studierenden sind mit dem Entwurf und Auslegung einzelner Strukturelemente im Bereich der Festigkeit, Steifigkeit vertraut. Die wichtigsten strukturmechanischen Auslegungsmethoden und Theorien sind dabei anhand realer Flugzeugstrukturen angewendet und praktiziert. Die Studierenden lernen Vor- und Nachteile sowie praxisorientierte Auswahlkriterien kennen, die über einen optimierten Werkstoffeinsatz entscheiden und werden in die Lage versetzt, eine solche Auswahl selbst zu treffen. |
| 13. Inhalt: | Leichtbau I<br>Kriterien der Leichtbaukonstruktionen, Leichtbaumethoden, Entwurfsphilosophien, Systematik und Gestaltung von Leichtbaukonstruktionen, Berechnungsmethoden, Gestaltleichtbau und geometrische Kenngrößen von Strukturkomponenten, Werkstoffleichtbau und moderne Werkstoffsysteme, Strukturelemente, Zugelemente, Biegeelemente.<br>Werkstoffe<br>• Faserverbundwerkstoffe und Matrixsysteme<br>• Sandwichwerkstoffe (Schäume, Honigwaben, Faltkerne)<br>• Leichtmetalle<br>• Triebwerk-Werkstoffe<br>• Multifunktionale Werkstoffe<br>• Nano-Werkstoffe |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Wiedemann, J.: Leichtbau<br>Kossira, H.: Leichtbau |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 447601 Vorlesung und begleitende Übungen Leichtbau I<br>• 447602 Vorlesung Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Leichtbau I, Vorlesung, und begleitende Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h,<br>Selbststudium 62 h)<br>Werkstoffe und Fertigungsverfahren im Flugzeugbau, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h )<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44761 Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 57160 Strukturdynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |

M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014
→ Wahlpflichtmodule

11. Empfohlene Voraussetzungen:

12. Lernziele:

Die Studierenden

- kennen die wichtigsten Kriterien und Grenzen für die Modellbildung in der Strukturdynamik,
- können Freiheitsgrade und kinematische Bindungen identifizieren und in unterschiedlichen Koordinatensystemen beschreiben,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Mehrkörper-Systeme aufstellen, linearisieren und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen eindimensionaler Kontinua aufstellen und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen und lösen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit einem Freiheitsgrad berechnen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit mehreren Freiheitsgraden berechnen,
- kennen das Verfahren der Modalanalyse mit und ohne Dämpfung,
- besitzen Grundkenntnisse für den Umgang mit einfachen dynamischen Finite-Elemente-Modellen.

13. Inhalt:

**Veranstaltung Dynamik I:**
- Modellierung, Freiheitsgrade und Kinematik bei Mehrkörpersystemen,
- Prinzip von d' Alembert, Prinzip der virtuellen Verschiebungen in der Dynamik,
- Aufstellung von Bewegungsgleichungen bei Mehrkörpersystemen,
- Linearisierung von Bewegungsgleichungen,
- Einheitsverschiebungsgesetz in der Dynamik,
- Lineare Systeme mit einem Freiheitsgrad,
- Freie und erzwungene gedämpfte Schwingungen (harmon., period-, stoßartige Erregung).

**Veranstaltung Dynamik II:**
- Eigenwertanalyse bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- freie und erzwungene Schwingungen bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- starre Bewegungsmöglichkeiten,
- Modalanalyse,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua und deren analytische Lösung,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua mit Finite-Elemente-Modellen,
- Dehnstab, Biegestab, Torsionsstab.

14. Literatur:


- Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2002
- Hamel, G.: Theoretische Mechanik. Berlin [u.a.] : Springer, 1978
- Hagedorn, P. ; Otterbein, S.: Technische Schwingungslehre. Band 1. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1987
- Hagedorn, P.: Technische Schwingungslehre. Band 2, Berlin ; Heidelberg : Springer, 1989
- Schiehlen, W. ; Eberhard, P.: Technische Dynamik. 2. Aufl. Stuttgart [u.a.] : Teubner, 2004
- Skript
- zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen


15. Lehrveranstaltungen und -formen:

- 571601 Vorlesung Dynamik 1
- 571602 Vorlesung Dynamik 2

| | |
|---|---|
| | • 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dynamik I, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Dynamik II, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57161 Strukturdynamik (PL), schriftliche Prüfung, 80 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | 44830 Mechanische Systeme |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint, Kurzvideos, kleine Experimente |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# 2142 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 39460 | Carbon Composites Trainee-Programm |
| 44200 | Composites modelling |
| 44390 | Faserverbundseminar |
| 44650 | Konstruieren mit Keramik |
| 44730 | Leichtbau I |
| 44750 | Leichtbau II |
| 44770 | Leichtbauseminar |
| 44800 | Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen |
| 44810 | Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen |
| 45010 | Rapid Prototyping |
| 45270 | Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV) |
| 45300 | Tragwerksoptimierung |
| 45390 | Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt |
| 45400 | Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe |
| 45450 | Werkstoffe und Verfahren für Antriebe der Luft- und Raumfahrt |
| 45680 | Optimale Tragwerksauslegung |
| 48680 | Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 49020 | Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern |
| 49630 | Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden |
| 50040 | Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I |

# Modul: 39460 Carbon Composites Trainee-Programm

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310116 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Martina Bulat |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden erhalten einen Überblick über die aktuellen Geschehnisse in Forschung und Industrie.<br><br>Die Studenten sollen am Ende des Programms die komplexen Zusammenhänge der Faserverbundtechnologie verstehen. Es soll verstanden werden worauf es bereits in der Auslegung von Bauteilen, sowie der Auswahl von Materialien und Herstellungsmethoden ankommt. Das Besondere an diesem Programm ist, dass die Vorlesungen von den Experten des jeweiligen Fachgebiets gehalten werden. Dadurch bietet sich die besondere Möglichkeit sich das jeweilige Fachwissen anzueignen.<br><br>Die Studierenden verstehen, welche Kriterien und Parameter für die Wahl der Herstellungsmethoden wichtig sind. Sie kennen die Vor- und Nachteile der jeweiligen Methoden. Durch Materialverständnis können sie das Leichtbaupotential bei der Auslegung von Bauteilen besser ausschöpfen. |
| 13. Inhalt: | Bauteilauslegung<br><br>Fasertypen und Herstellung<br><br>Matrixsysteme<br><br>Textiltechnik<br><br>Injektionsverfahren<br><br>Duromere Matrixsysteme |

| | |
|---|---|
| | Zerstörunfgsfreie Prüfung |
| 14. Literatur: | Skripte werden von den jeweiligen Dozenten/Professoren zur Verfügung gestellt. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 394601 Vorlesung Carbon Composites Trainee-Programm |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit Vorlesung: 42 Stunden<br>Selbststudiumszeit: 48 Stunden<br>Gesamt: 90 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 39461 Carbon Composites Trainee-Programm (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44200 Composites modelling

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Anthony Pickett |
| 9. Dozenten: | Anthony Pickett |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • The student will gain an understanding of basic and advanced Finite Element methods, and be to apply these methods to Stiffness, failure, impact and crash applications for composite materials.<br>• A theoretical and practical introduction to methods used for numerical modelling of composites infusion and draping processes will be given so that simple problems may be analysed.<br>• The student will be able to predict mechanical properties from an understanding of micro-mechanics.<br>• Laminate analysis theory will allow him/her to undertake structural analysis and predict effects such as distortions from cure shrinkage |
| 13. Inhalt: | Basics of the finite element methods:<br>• Theory, linear, geometric and materials non-linearity for Implicit analysis<br>• Element formulations<br>• Advanced FE topics including explicit analysis, element integration<br>• Techniques applied to linear, failure, impact and crash analysis<br>• Composites laminate analysis: theory and practice.<br>• Micro-mechanics of composites<br>• Process simulation: Infusion, draping<br>• Optimisation methods applied to numerical simulation |
| 14. Literatur: | Skript<br>Process Modeling in Composites Manufacturing, Second Edition Suresh G. Advani, CRC Press. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 442001 Vorlesung und Übung Composites modelling |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44201 Composites modelling (LBP), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48680 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ioannis Doltsinis |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Grundzüge der Elastostatik, finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den Eigenheiten elastisch-plastischen Verhaltens metallischer Werkstoffe bei monotoner wie auch bei wechselnder Beanspruchung vertraut, und kennen die mathematischen Ansätze zu dessen Beschreibung.<br>Sie wissen, die Festigkeitsreserven der plastischen Verformung bei der Bauteildimensionierung einzuschätzen.<br>Sie kennen die grundlegenden Verfahren zur Lösung elastisch-plastischer Probleme und sind in der Lage in bestimmten Fällen analytische Ansätze zu erarbeiten. |

| | |
|---|---|
| | Sie sind vertraut mit der Tragfähigkeit elastisch-plastischer Systeme und beherrschen die Methoden zu deren Abschätzung bzw. Eingrenzung.<br>Sie wissen über Versagen bzw. Anpassung des Tragwerks bei wechselnder Belastung Bescheid und können die Bedingungen für einen sicheren Einsatz festlegen.<br>Sie beherrschen die grundlegenden Algorithmen elastisch-plastischer Berechnungen mit finiten Elementen, können das numerische Verhalten der Lösung wie Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit ergründen und interpretieren. Ebenso die numerische Lösung mit Hilfe des vermittelten theoretischen Hintergrunds.<br>Sie kennen den Einfluss der Temperatur sowie der Zeit bei Werkstoffen mit viskosen Komponenten (Kriechen).<br>Sie wissen über die Signifikanz von endlichen Formänderungen für die Bauteilstabilität.<br>Sie sind mit der Modellierung von inelastischen Prozessen und mit deren numerischen Behandlung vertraut. |
| 13. Inhalt: | • Stoffverhalten und mathematische Ansätze<br>• Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua - Lösungsmethoden, Fallstudien<br>• Tragfähigkeit und ihre Abschätzung - Traglasttheoreme<br>• Wechselbelastung - Theorie der Anpassung<br>• Numerische Berechnungsverfahren - Algorithmen, numerisches Verhalten<br>• Einfluss von Temperatur und Zeit<br>• Signifikanz endlicher Formänderungen - Bauteilstabilität<br>• Modellierung und Simulation inelastischer Prozesse |
| 14. Literatur: | Ioannis Doltsinis, Elements of Plasticity - Theory and Computation, WIT Press Southampton 2000, 2nd edition 2010.<br>Ioannis Doltsinis, Large Deformation Processes of Solids, WIT Press Southampton 2004.<br>Zusammenfassende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 486801 Vorlesung und Übung Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 26 h, Selbststudium 64 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48681 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49020 Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Philipp Fuhr |
| 9. Dozenten: | Christoph Kensche |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden wissen um:<br>• die Zulassungsbedingungen für die im Bereich von Leichtflugzeugen und WE- Rotorblättern eingesetzten Faserverbundwerkstoffe (FVW), die sich auf Betriebsfestigkeitsversuche an der Zelle bzw. dem Rotorblatt stützen,<br>• die typische Schädigungsentwicklung in einem Laminat,<br>• die statistische Auswertemethoden von Schwingprüfungen und deren Darstellung in Form von Wöhlerkurven und dem Haigh-Diagramm, Anwendung der für den Leichtflugzeugbau und die Windenergie gültigen Überlebenswahrscheinlichkeiten<br>• die Methode zu einer geeigneten Lebensdauervorhersage mittels Daten aus Wöhlerversuchen, einem geeignetem Schädigungsmodell und missionsbezogenen Lastkollektiven,<br>• die Sicherheitsfaktoren,<br>• den Zusammenhang zwischen „Load Enhancement"-Faktor und Lebensdauervielfachem<br>• das Vorgehen bei der praktischen Durchführung von Ermüdungsversuchen anhand einer Laborbesichtigung |
| 13. Inhalt: | • Gemeinsamkeiten WE und Leichtflugzeugbau, Zuständigkeiten Bauvorschriften, Lastkollektiv-Standards, Procedere Betriebsfestigkeits-Nachweisversuche, typische Prüftemperaturen, Damage-Tolerance-Forderungen, Design-Allowables, spannungs-/ dehnungsbezogene Auslegung. |

| | |
|---|---|
| | • Schädigungsablauf in FVW, Darstellung von Ermüdungsergebnissen, Steifigkeitsabfall, Spannungsverhältnis, Konstruktion Haigh-Diagramm, Beispiele für statistische Auswertung, typische Steigungen von Wöhlerkurven (GFK, CFK, gekerbt/ungekerbt, trocken/feucht); typische Probenformen; stochastische/deterministische Lastabläufe. Einfluss Fasergehalt. Grenzen für Design Allowables.<br>• Lastkollektive (Erklärung, Etablierung, Speicherung etc.), Lebensdauerabschätzung (typische Methode, Palmgren-Miner-Regel (lin., relativ-, Grenzen etc.), Omission, Truncation, Überlebenswahrscheinlichkeiten, Zusammenhang Load-Enhancement-Faktor - Lebensdauerfaktor; Sicherheitsfaktoren, Kenntnis über Komponenten für einen Biegeholm; was ist zu beachten beim Übergang von der Probe auf ein Bauteil?<br>• Besuch eines Prüflabors |
| 14. Literatur: | • Foliensatz/Skript zur Vorlesung<br>• R.P.L. Nijssen, Fatigue Life Prediction and Strength Degradation of Wind Turbine Rotor Blade Composites, Dissertation TU Delft 2006, ISBN-10: 90-9021221-3, ISBN-13: 978-90-9021221-0<br>• Ch.W. Kensche, Fatigue of Composites for Wind Turbines, International Journal of Fatigue 28 (2006) 1363-1374<br>• O. Krause, Ch.W. Kensche, R.P.L.Nijssen, T. P. Philippidis, A.P. Vassilopoulos, A Benchmark on Lifetime Prediction of Composite Materials under Fatigue, EWEC Madrid, 16-19 June, 2003<br>• John F. Mandell, Daniel D. Samborsky, Herbert J. Sutherland, Effects of Materials Parameters and Design Details on the Fatigue of Composite Materials for Wind Turbine Blades, Nice, EWEC 1999<br>• Sendeckyj, G.P., ‘Fitting Models to Composite Materials Fatigue Data', ASTM STP 734, American Society for Testing and Materials, 1981 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 490201 Vorlesung Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung: 90h (22h Präsenzzeit, 68 h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49021 Ermüdung von FVW in Leichtflugzeugen und Rotorblättern (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugzeugbau |

# Modul: 44390 Faserverbundseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Dennis Zink |
| 9. Dozenten: | Dennis Zink |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | 44730 Leichtbau I |
| 12. Lernziele: | Nach erfolgreichem Beenden des Moduls sind die Studierenden in der Lage, einfache Strukturen aus faserverstärkten Kunststoffen realitätsnah auszulegen. Dazu zählen die analytische Vordimensionierung hinsichtlich vorgegebener Lastfälle, die Konzepterstellung und Fertigung mithilfe eines geeigneten Herstellungsverfahrens sowie die Durchführung von Bauteilprüfungen zum Nachweis der geforderten Bauteilfunktion. |
| 13. Inhalt: | • Auslegung von Faserverbundstrukturen<br>• Fertigungsverfahren (theoretisch und praktisch)<br>• Prüftechnik<br>• FEM-Grundlagen<br>• Sizing of composite structures<br>• Manufacturing technologies (theoretical and experimental)<br>• Test methods<br>• Finite element method (basics) |
| 14. Literatur: | Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden - Helmut Schürmann |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443901 Seminar Faserverbundseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44391 Faserverbundseminar (BSL) (BSL), schriftlich und mündlich, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von: Institut für Flugzeugbau

# Modul: 44650 Konstruieren mit Keramik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Philipp Fuhr |
| 9. Dozenten: | Hendrik Weihs |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben Kenntnisse über gängige keramische und faserkeramische Werkstoffe. Sie beherrschen die Konstruktionsregeln für spröde Werkstoffe und für thermal belastete Strukturen. Weiterhin kennen sie die spezifischen Eigenschaften faserverstärkter Keramiken. |
| 13. Inhalt: | Within this module the most important technical ceramics will be presented and discussed in terms of properties and application. Special design rules for brittle materials will be discussed. Fiber reinforced ceramics, their manufacturing and properties will be presented in more detail. This includes design principles and examples for thermally loaded structures, as mainly used for space vehicles with re-entry capability. |
| 14. Literatur: | Foliensatz der Vorlesung.<br>Keramische Verbundwerkstoffe, Walter Krenkel (Hersg.), Wiley-vch Verlag,<br>Weinheim, ISBN 3-527-30529-7 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 446501 Vorlesung Konstruieren mit Keramik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44651 Konstruieren mit Keramik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von: Institut für Flugzeugbau

# Modul: 44730 Leichtbau I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310103 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Maged Sorour<br>• Peter Middendorf |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten wissen die wesentlichen Grundlagen des Leichtbaus, Leichtbaumethoden, Leichtbauwerkstoffe sowie moderne Werkstoffsysteme. Die Studierenden werden mit dem Entwurf und Auslegung einzelner Strukturelemente im Bereich der Festigkeit, Steifigkeit vertraut gemacht. Die wichtigsten strukturmechanischen Auslegungsmethoden und Theorien werden dabei anhand realer Flugzeugstrukturen angewendet und praktiziert. |
| 13. Inhalt: | Kriterien der Leichtbaukonstruktionen, Leichtbaumethoden, Entwurfsphilosophien,<br>Systematik und Gestaltung von Leichtbaukonstruktionen, Berechnungsmethoden,<br>Gestaltleichtbau und geometrische Kenngrößen von Strukturkomponenten,<br>Werkstoffleichtbau und moderne Werkstoffsysteme, Strukturelemente, Zugelemente, Biegeelemente. |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Wiedemann, J.: Leichtbau |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447301 Vorlesung und begleitende Übungen Leichtbau I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44731 Leichtbau I (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44750 Leichtbau II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Maged Sorour |
| 9. Dozenten: | • Maged Sorour<br>• Peter Middendorf |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Leichtbau, Werkstoffe und Fertigungsverfahren (060310101) |
| 12. Lernziele: | Erweiterung der Lerninhalte des Leichtbau I auf dem Bereich der Auslegung von Leichtbau-Strukturelementen. Die Studierenden sind mit dem Entwurf und der Auslegung einzelner Strukturelemente im Bereich der Stabilität und Überlagerungen der Belastungen vertraut. Die Studierenden kennen die wichtigsten strukturmechanischen Auslegungsmethoden und Theorien und werden diese anhand realer Flugzeugstrukturen anwenden. |
| 13. Inhalt: | Druckelemente, Stäbe und Profile, Blechfelder, Versteifte Platten und Blechfelder, Torsionselemente, reine Torsion, Wölbkrafttorsion, Schub- und Zugfelder, Schubstege, Schubwände, Schubfeld-, Zugfeldträger. Überlagerungen bei Festigkeit- und Stabilitätsproblemen, Krafteinleitung |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Wiedemann, J: Leichtbau |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447501 Vorlesung und begleitende Übungen Leichtbau II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44751 Leichtbau II (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44770 Leichtbauseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Ronny Sachse |
| 9. Dozenten: | Ronny Sachse |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | • 060310103 Leichtbau I<br><br>**Achtung:** Der Kurs ist auf **18 Plätze** beschränkt.Die **Anmeldung** erfolgt in der **1. Woche im LSF** (genauere Infos gibt es in der Einführungsveranstaltung) |
| 12. Lernziele: | Nach erfolgreichem beenden des Moduls sind die Studierenden in der Lage, einfache Probleme auf Basis der FEM lösen zu können. Dazu gehören das Berechnen einfacher statischer Lastfälle für Metall- und Composite - Bauteile und die Bauteiloptimierung auf Basis der FEM. |
| 13. Inhalt: | • Klassische Laminattheorie<br>• Finite Elemente Methode<br>• Auslegung von FVK-Strukturen<br>• Topologieoptimierung<br><br>**Achtung:** Der Kurs ist auf **18 Plätze** beschränkt.Die **Anmeldung** erfolgt in der **1. Woche im LSF** (genauere Infos gibt es in der Einführungsveranstaltung) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden - Helmut Schürmann |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447701 Vorlesung und Seminar Leichtbauseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Leichtbauseminar, Seminar: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44771 Leichtbauseminar (BSL) (BSL), schriftlich und mündlich, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600114 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Methoden zur Beurteilung der Schädigung von schwingend beanspruchten Konstruktionen des Maschinenwesens und speziell der Luft- und Raumfahrt.<br>• Sie beherrschen die rechnerischen und experimentellen Verfahren bzw. Konzepte zur Abschätzung der Lebensdauer einer Konstruktion und deren Elemente. Sie sind in der Lage, Ergebnisse der Lebensdauerabschätzung kritisch zu hinterfragen und zu beurteilen. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen die Unterschiede zwischen zügigen und zyklischen Materialkennwerten und beherrschen die Prüftechniken zur Ermittlung dieser Kennwerte.<br>• Die Studierenden sind vertraut mit den verschiedenen Verfahren zur Analyse und Synthese von Betriebsbeanspruchungen und wissen diese bei den unterschiedlichen Schadensakkumulationsmodellen entsprechend zu berücksichtigen. Sie sind vertraut mit den aktuellen problemorientierten Standard-Last-Zeit-Sequenzen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Festigkeit rissbehafteter Bauteile zu bestimmen, unter Berücksichtigung des entsprechenden Spannungs- bzw. Verformungszustandes.<br>• Sie kennen die verschiedenen Bruchmechanik-Parameter und deren vornehmliche Anwendungsbereiche sowie Vorgehensweisen zur Bestimmung des Rissfortschritts unter zyklischer Bauteilbeanspruchung. |
| 13. Inhalt: | • Einstufenversuch (Wöhlerversuch)<br>• Ermüdungsfestigkeit - Mechanismus und Einflüsse<br>• Statistische Auswertung<br>• Zählverfahren<br>• Betriebsfestigkeitsversuch<br>• Schadensakkumulation<br>• Randomversuche<br>• Analyse und Synthese von Lastabläufen<br>• Erscheinungsformen des Bruches<br>• Griffithsche Theorie<br>• Spannungsintensitätsfaktor<br>• Rissausbreitungsmodi<br>• Spannungsfeld um Rissspitze<br>• Plastische Zone<br>• R-Kurven-Konzept<br>• CTOD-Konzept<br>• J-Integral<br>• Dynamische Rissausbreitungsmodelle<br>• Lokales Konzept<br>• Rainflow-Zählmethode<br>• Gestaltsfestigkeit<br>• Standard-Lastfolgen<br>• Faserverbundwerkstoffe (MMC) |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448001 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik I<br>• 448002 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Materialermüdung und Bruchmechanik I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Materialermüdung und Bruchmechanik II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44801 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600125 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Methoden zur Beurteilung der Schädigung von schwingend beanspruchten Konstruktionen des Maschinenwesens und speziell der Luft- und Raumfahrt.<br>• Sie beherrschen die rechnerischen und experimentellen Verfahren bzw. Konzepte zur Abschätzung der Lebensdauer einer Konstruktion und deren Elemente. Sie sind in der Lage, Ergebnisse der Lebensdauerabschätzung kritisch zu hinterfragen und zu beurteilen. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen die Unterschiede zwischen zügigen und zyklischen Materialkennwerten und beherrschen die Prüftechniken zur Ermittlung dieser Kennwerte.<br>• Die Studierenden sind vertraut mit den verschiedenen Verfahren zur Analyse und Synthese von Betriebsbeanspruchungen und wissen diese bei den unterschiedlichen Schadensakkumulationsmodellen entsprechend zu berücksichtigen. Sie sind vertraut mit den aktuellen problemorientierten Standard-Last-Zeit-Sequenzen. |
| 13. Inhalt: | • Einstufenversuch (Wöhlerversuch)<br>• Ermüdungsfestigkeit - Mechanismus und Einflüsse<br>• Statistische Auswertung<br>• Zählverfahren<br>• Betriebsfestigkeitsversuch<br>• Schadensakkumulation<br>• Randomversuche<br>• Analyse und Synthese von Lastabläufen |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen<br><br>Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 500401 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 50041 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44810 Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jonas Schlotterbeck |
| 9. Dozenten: | Jonas Schlotterbeck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Erlangung theoretischer und praktischer Kenntnisse über die Prüftechnik, Probenherstellung, Probenprüfung, Auswertung |
| 13. Inhalt: | • Genormte Versuche<br>• Probenherstellung<br>• Prüfmaschine<br>• Probenprüfung<br>• Auswertung |
| 14. Literatur: | Skript: Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448101 Vorlesung mit praktischen Teilen Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44811 Materialprüfungen und Kennwertermittlung für FVK-Simulationen (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Beamer, Tafel, ILIAS |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugzeugbau |

# Modul: 45680 Optimale Tragwerksauslegung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513109 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | • Jörg Wagner<br>• Ioannis Doltsinis |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Tragwerksoptimierung<br><br>Die Studierenden<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik strukturieren und adäquat beschreiben, und zwar einschließlich Mehrzielkriterien,<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik klassifizieren,<br>- besitzen einen Überblick über die Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können einfache Optimierungsprobleme ohne und mit Randbedingungen analytisch lösen,<br>- kennen die wesentlichen Grundlagen numerischer Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik, |

- können zwei typische numerische Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik anwenden,
- kennen das Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren in der Strukturmechanik.

Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung

- Die Studierenden sind mit der Quantifizierung von streuenden Daten vertraut und wissen über ihre Bedeutung für das Verhalten von Tragwerken sowie für das Ergebnis von technologischen Prozessen.
- Sie beherrschen analytische und synthetische Methoden zur Berechnung des stochastischen Tragwerksverhaltens bei gegebenen Eingangsdaten für

- Elastische Tragwerke
- Große Verschiebungen
- Elastisch-plastische Tragwerke
- Nichtlineare Dynamik
- Inelastische Formänderungsprozesse

- Sie wissen über die Optimierung von Tragwerken sowie Prozessen bei stochastischem Verhalten, sind mit der Robustheit gegenüber streuenden Konditionen vertraut und können entsprechende Auslegungsverfahren einsetzen.
- Sie sind in der Lage, die Bedeutung der Eingangsdaten sowie die Eignung des Systems für robuste Auslegung zu beurteilen.
- Sie beherrschen die Begriffe der Zuverlässigkeit und Lebensdauer, kennen Verfahren zur Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Bauteilen (analytische Verfahren erster- und zweiter Ordnung sowie Synthese stochastischer Simulation).
- Sie können auf eine vorgegebene Ausfallwahrscheinlichkeit hin optimieren und die Zuverlässigkeit von Tragsystemen abschätzen im Serien- Parallel- oder Standby- Modus.
- Sie sind mit den Begriffen der stochastischen Feldgrößen bzw. stochastischen Prozessen vertraut und wissen diese zu charakterisieren.
- Sie lernen durchweg, der Streuung mittels analytischer Approximation sowie alternativ durch stochastische Monte Carlo Simulation Rechnung zu tragen.

13. Inhalt:

Tragwerksoptimierung

- Einführung und Motivation
- Klassifikationsmerkmale für Optimierungsprobleme
- mathematische Beschreibung tragwerkstypischer Optimierungsprobleme
- allgemeines Vorgehen beim Optimalentwurf
- analytische Optimierungsverfahren
- numerische Verfahren für tragwerkstypische Optimierungsprobleme (insbes. Liniensuch-, Straffunktions-, duales Lösungsverfahren)
- Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren

Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung

- Streuung und Charakterisierung
- Stochastische Tragwerksanalyse mittels Taylorreihe - elastisch, nichtlinear, plastisch, nichtlineare Dynamik
- Optimale Auslegung - Robustheit
- Monte Carlo Verfahren - Tragwerksanalyse und Entwurfsertüchtigung

| | |
|---|---|
| | - Zuverlässigkeit - Systeme und Bauteile, analytische Approximation, stochastische Simulation, Optimierung und Zuverlässigkeit<br>- Zeitabhängige Phänomene - stochastische Prozesse und -Felder, Lebensdauer<br>- Inelastische Formänderungsprozesse - Signifikanz der Eingangsstreuung, numerische Analyse, optimale Auslegung |
| 14. Literatur: | - Arora, J.S.: Introduction to optimum design. 2 Aufl. Amsterdam/... : Elsevier Academic Press, 2004<br>- Baier, H. ; Seeßelberg, C. ; Specht, B.: Optimierung in der Strukturmechanik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>- Kirsch, U.: Structural Optimization. Berlin/… : Springer, 1993<br>- Papageorgiou, M.: Optimierung : statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung. 2. Aufl. München ; Wien : Oldenbourg, 1996<br>- Pardalos, P.M. ; Resende, M.G.C. (Hrsg.): Handbook of applied optimization. Oxford ; Berlin : Oxford University Press, 2002<br>- Skript<br><br>- Ioannis Doltsinis, Stochastic Methods in Engineering, WIT Press Southampton 2012<br>- Ergänzende und zusammenfassende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 456801 Vorlesung Tragwerksoptimierung<br>• 456802 Vorlesung Stochastische Tragwerksanalyse und Optimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit: 56 Stunden<br><br>Selbststudiumszeit: 124 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45681 Optimale Tragwerksauslegung (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 45010 Rapid Prototyping

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310107 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Joachim Greiner |
| 9. Dozenten: | Joachim Greiner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind in der Lage Modelle in der Sinter-Technologie zu bauen. Dabei lernen sie die Funktionsweise der Maschine kennen, sowie die Anforderungen an die CAD Datensätze und deren Bearbeitung. Es werden beim Erstellen der CAD-Daten Konstruktionsverfahren vermittelt, die speziell für die spätere Verwendung der Daten in einer Laser-Sinter-Maschine von Vorteil sind. Weiterhin wird auf die Bearbeitung von CAD Daten in unterschiedlichen Formaten genauer eingegangen. |
| 13. Inhalt: | - Funktionsweise Laser-Sinter-Anlage<br>- Verarbeitung der CAD Daten<br>- Bedienung der Maschine<br>- Verfahrensweisen der Produktion |
| 14. Literatur: | Unterlagen im ILIAS<br>Begleitbuch: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte- Rapid Prototyping<br>B.Bertsche Springer |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450101 Vorlesung und Übung Rapid Prototyping |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45011 Rapid Prototyping (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |

20. Angeboten von:

# Modul: 45270 Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Jan-Philipp Fuhr |
| 9. Dozenten: | Christof Kindervater |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben ein grundlegendes Verständnis des Werkstoffverbundes Faser- Kunststoff-Verbund sowie der mikromechanischen Zusammenhänge und letztendlich der gesamten FKV-Prozesskette. Sie haben einen Überblick über gängige Faser-/Halbzeug-/Matrixsysteme. Sie kennen die Anwendung von fasergerechten Fertigungsverfahren und Prüfmethoden und die Methoden zum Entwurf und zur Dimensionierung von Laminaten (Klassische Laminattheorie (CLT), Versagenshypothesen). Die Studierenden sind in der Lage Krafteinleitungen vorzudimensionieren. |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die FKV (Historie, Analogien zur Natur, Marksituation)<br>• Anwendungsbeispiele aus verschiedenen Branchen<br>• Fasern/Halbzeuge/Matrices<br>• Duromere und thermoplastische Fertigungsverfahren<br>• FKV-spezifische NDT-Verfahren<br>• Recycling<br>• Mikromechanische Modelle (UD-Einzelschicht, Gewebe)<br>• Elastische Eigenschaften der Einzelschicht und des Mehrschichtverbundes (CLT)<br>• Einfluss von Temperatur und Feuchte<br>• Festigkeitshypothesen für die Einzelschicht<br>• Krafteinleitungen (Kleben, Bolzen, Schlaufen)<br>• Fallstudien |
| 14. Literatur: | Helmut Schürmann |

| | |
|---|---|
| | Konstruieren mit Faser-Kunststoffverbunden Springer 2005 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 452701 Vorlesung Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45271 Technologie- und Dimensionierungsgrundlagen für Bauteile aus Faserkunststoffverbund (FKV) (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugzeugbau |

# Modul: 49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Andre Haufe |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Vertiefte Kenntnisse in Mechanik und Statik |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den Simulationsmethoden zur Abbildung strukturmechanischer Prozesse in der Kurzzeitdynamik vertraut.<br><br>Sie können die Unterschiede zur impliziten zeitintegrationsverfahren aufzeigen und die speziellen Anwendungen und Anforderungen im |

| | |
|---|---|
| | industriellen Einsatz diskutieren. Sich hieraus ergebende Anforderungen an die Modellbildung (Werkstoffmodelle, diverse Diskretisierungen, Verifikation und Validierung von Modellen) sind den Studenten bekannt.<br><br>Der Einfluss von Diskretisierungsgrößen wie z.B. Zeitschrittgröße oder Elementgröße auf die Qualität und Belastbarkeit von Berechnungsergebnisse sind verstanden.<br><br>Die Studierenden kennen die Anforderungen an die Simulation aus Industriesicht. |
| 13. Inhalt: | • Einführung und Übersicht aktueller Anwendungen für explizite Zeitintegrationsverfahren in der FEM<br>• Zeitintegration & Diskretisierung mit Finiten Elementen / Unterschiede zu Impliziten Verfahren<br>• Effekte materieller Nichtlinearitäten der FEM im Industrieeinsatz<br>• Gebräuchliche Materialformulierungen und Implementierung<br>• Modelltechnik und -aufbau großer Impaktmodelle (z.B. Crashmodelle)<br>• Fluid-Struktur-Interaktion für explizite Zeitintegration (Airbag-Entfaltung)<br>• Validierung und Verifikation von Berechnungsmodellen in der Industriepraxis |
| 14. Literatur: | Belytschko, T., Liu, W.K., Moran, B.: Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, Jpohn Wiley & Sons, LTD, ISBN 0-471-98773-5 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496301 Vorlesung Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49631 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45300 Tragwerksoptimierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik strukturieren und adäquat beschreiben, und zwar einschließlich Mehrzielkriterien,<br>- können Optimierungsprobleme der Strukturmechanik klassifizieren,<br>- besitzen einen Überblick über die Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können einfache Optimierungsprobleme ohne und mit Randbedingungen analytisch lösen,<br>- kennen die wesentlichen Grundlagen numerischer Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik,<br>- können zwei typische numerische Lösungsverfahren für Optimierungsprobleme der Strukturmechanik anwenden, |

| | |
|---|---|
| | - kennen das Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren in der Strukturmechanik. |
| 13. Inhalt: | - Einführung und Motivation,<br>- Klassifikationsmerkmale für Optimierungsprobleme,<br>- mathematische Beschreibung tragwerkstypischer Optimierungsprobleme,<br>- allgemeines Vorgehen beim Optimalentwurf,<br>- analytische Optimierungsverfahren,<br>- numerische Verfahren für tragwerkstypische Optimierungsprobleme, (insbes. Liniensuch-, Straffunktions-, duales Lösungsverfahren),<br>- Zusammenspiel zwischen Simulations- und Optimierungsverfahren. |
| 14. Literatur: | - Arora, J.S.: Introduction to optimum design. 2 Aufl. Amsterdam/... : Elsevier Academic Press, 2004<br>- Baier, H. ; Seeßelberg, C. ; Specht, B.: Optimierung in der Strukturmechanik. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>- Kirsch, U.: Structural Optimization. Berlin/... : Springer, 1993<br>- Papageorgiou, M.: Optimierung : statische, dynamische, stochastische Verfahren für die Anwendung. 2. Aufl. München ; Wien : Oldenbourg, 1996<br>- Pardalos, P.M. ; Resende, M.G.C. (Hrsg.): Handbook of applied optimization. Oxford ; Berlin : Oxford University Press, 2002<br>- Skript |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453001 Vorlesung Tragwerksoptimierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Tragwerksoptimierung , Vorlesung : 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45301 Tragwerksoptimierung (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 45390 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310106 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Yves Klett |
| 9. Dozenten: | • Peter Middendorf<br>• Yves Klett |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden lernen die in der Luft- und Raumfahrt eingesetzten Materialien und Fertigungsvefahren kennen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Faserverbund- und Leichtmetallwerkstoffen sowie Sandwich-Technologien. Die Studierenden lernen Vor- und Nachteile sowie praxisorientierte Auswahlkriterien kennen, die über einen optimierten Werkstoffeinsatz entscheiden und werden in die Lage versetzt, eine solche Auswahl selbst zu treffen. |
| 13. Inhalt: | • Faserverbundwerkstoffe und Matrixsysteme<br>• Sandwichwerkstoffe (Schäume, Honigwaben, Faltkerne)<br>• Leichtmetalle<br>• Triebwerk-Werkstoffe<br>• Multifunktionale Werkstoffe<br>• Nano-Werkstoffe |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Schürmann, H.: Konstruieren mit Faser-Kunststoff- Verbunden |

| | |
|---|---|
| | Ashby, M.: Materials selection in mechanical design |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453901 Vorlesung Werkstoffe und Fertigungsverfahren im Flugzeugbau |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45391 Werkstoffe und Fertigungsverfahren der Luft- und Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45450 Werkstoffe und Verfahren für Antriebe der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060310109 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Heinz Voggenreiter |
| 9. Dozenten: | Heinz Voggenreiter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 2. Semester<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 2. Semester<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 2. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 2. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen ein grundlegendes Verständnis der werkstoffbedingten Einsatzgrenzen von heutigen Luft- und Raumfahrtantrieben und der werkstofftechnischen Herausforderungen und Lösungsansätzen für Luftund Raumfahrtantriebe der Zukunft. |
| 13. Inhalt: | Die Anforderungsprofile an Werkstoffe für Luft- und Raumfahrtantrieben werden dargestellt. Aktuelle metallische und keramische Werkstoffsysteme und deren Verarbeitungstechniken werden beschrieben. Die mechanischen, thermischen und physikalischen Einsatzgrenzen werden diskutiert und Entwicklungstendenzen aufgezeigt. Neue Werkstofflösungen und deren Verfahrenstechniken zur Steigerung der Leistung und Lebensdauer der Triebwerke werden dargestellt. Eine Führung durch das Institut für Bauweisenund Konstruktionsforschung ist vorgesehen |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Hornbogen, E.; Eggeler, G.; Werner E.: Werkstoffe, Springer, 2011 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 454501 Vorlesung Werkstoffe und Verfahren für Raumfahrtantriebe<br>• 454502 Vorlesung Werkstoffe und Verfahren für Luftstrahlantrieb |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Werkstoffe und Verfahren für Raumfahrtantriebe, Teil 1, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Werkstoffe und Verfahren für Raumfahrtantriebe, Teil 2, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45451 | Werkstoffe und Verfahren für Antriebe der Luft- und Raumfahrt (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 45400 Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600115 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den verschiedenen Verfahren zur Gewinnung und Verarbeitung metallischer Werkstoffe vertraut. Sie beherrschen die Methoden zur Veränderung der Stoffeigenschaften entsprechend der konstruktiven Vorgaben.<br>Sie beherrschen die Verfahren zur experimentellen Ermittlung von Werkstoffkennwerten sowohl unter schlagartiger als auch unter zügiger oder zyklischer Beanspruchung. Sie kennen zerstörungsfreie Prüfverfahren. Sie sind vertraut mit Tribologiesystemen, den Hauptgebieten der Tribologie und den Verschleißmechanismen, aber auch mit den verschiedenen Korrosionsmechanismen.<br>Sie beherrschen die verschiedenen Kennzeichnungen von Werkstoffen, d.h. die Werkstoffnummersysteme bei Stählen, Gusseisen und NE-Metallen. Sie sind in der Lage, die verschiedenen Werkstoffe in den unterschiedlichsten Fertigungsverfahren optimal einzusetzen. |
| 13. Inhalt: | • Werkstoffeigenschaften in Bezug auf Fertigungsverfahren (Urformen, Umformen, Verändern von Stoffeigenschaften usw.)<br>• Gewinnung und Verarbeitung metallischer Werkstoffe<br>• Legierungen (Eisen-, Al- und andere Nichteisenmetall-Legierungen)<br>• Wärmebehandlungen im (Un-)Gleichgewichtszustand<br>• Kriechen - Relaxation<br>• Korrosion: Grundlagen, Korrosionsarten, Korrosionsschutz, Hochtemperaturkorrosion<br>• Werkstoffverhalten bei verschiedenen Temperaturen und Beanspruchungsgeschwindigkeiten<br>• Tribologie (Verschleißmechanismen, Hauptgebiete der Tribologie) |

| | |
|---|---|
| | • Werkstoffprüfung: Ermittlung spezieller Werkstoffkennwerte (z.B. schlagartige, zügige und zyklische Materialkennwerte), Zeitstandsversuche, schwingende Beanspruchung, Einflussfaktoren, zerstörungsfreie Werkstoffprüfung<br>• Besonderheiten einzelner Werkstoffgruppen<br>• Plastische Verformung und Bruchvorgänge<br>• Methoden zur Erhöhung der Festigkeit<br>• Kriterien für die Werkstoffauswahl<br>• Werkstoffbezeichnungen (Stähle, Gusseisen, NE-Metalle) |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 454001 Vorlesung Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45401 Werkstofftechnik metalllischer Werkstoffe (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# 211 Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT

Zugeordnete Module:
- 2111 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung
- 2112 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung
- 57170 Einführung in die Finite Elemente Methode

# Modul: 57170 Einführung in die Finite Elemente Methode

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br><br>• kennen die wichtigsten theoretischen Grundlagen zur Modellierung mechanischer Strukturen mit Finiten Elementen,<br>• können die Gleichgewichtsbedingungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen, lösen und auswerten. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | - Grundlagen und Anwendungen von Finite-Elemente-Modellen,<br>- Stab-, Balken- und Stab-Balken-Element,<br>- Thermische Lasten und Vorspannung,<br>- Elemente aus Mehrkörpersystemen,<br>- Koordinatentransformationen bei Finiten Elementen,<br>- Zusammenstellung von Gesamtmodellen,<br>- Nachlaufrechnung. |
| 14. Literatur: | • Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 2002<br>• Munz, C.-D.; Westermann, T.: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen. 2. Aufl. Dordrecht [u.a.]: Springer, 2009<br>• Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.: The finite element method for solid and structural mechanics. 6. Aufl., Nachdruck. Amsterdam [u.a.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006<br>• Skript<br>• zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung mit Übungen: 90 h<br>(Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57171 Einführung in die Finite Elemente Methode (BSL), schriftliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | • 45660 Finite Elemente in der Statik und Dynamik<br>• 45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D<br>• 49610 Modellbildung für Finite Elemente I + II<br>• 49620 Modellbildung für Finite Elemente I<br>• 49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)<br>• 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)<br>• 49660 Nichtlineare Finite Elemente<br>• 49670 Seminar Angewandte Finite Elemente |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# 2111 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung

# 2112 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 37090 | Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung |
| 44010 | Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt |
| 44050 | Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme |
| 44070 | Analytische Methoden |
| 44260 | Dimensionsanalyse |
| 44310 | Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie |
| 44330 | Elastische/inelastische Lichtstreuung |
| 44490 | Geschwindigkeitsgrenzschichten |
| 44500 | Grenzschichtdynamik und -kontrolle |
| 44510 | Grundlagen der Turbulenzmodellierung |
| 44520 | Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt |
| 44550 | Hyperschallströmung und -flug |
| 44580 | Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme |
| 44600 | Kinetische Gastheorie |
| 44640 | Kompressible Strömungen I + II |
| 44710 | Laminar-turbulente Transition |
| 44800 | Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen |
| 44820 | Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik |
| 44860 | Modellierung von Wiedereintrittsströmungen |
| 45060 | Reibungsbehaftete Hyperschallströmung |
| 45070 | Reibungsfreie Hyperschallströmung |
| 45280 | Thermodynamik der Gemische |
| 45320 | Turbulenz |
| 45330 | Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt |
| 45670 | Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D |
| 48680 | Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 48690 | Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke |
| 49580 | Statik III |
| 49590 | Aeroelastizität I+II |
| 49600 | Aeroelastizität I |
| 49630 | Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden |
| 49640 | Finite Elemente II (Diskretisierung II) |
| 49650 | Finite Elemente III (Diskretisierung III) |
| 49660 | Nichtlineare Finite Elemente |
| 49670 | Seminar Angewandte Finite Elemente |
| 50040 | Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I |

# Modul: 44010 Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manuel Keßler |
| 9. Dozenten: | Manuel Keßler |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die wesentlichen aeroakustischen Phänomene, die Entstehung und Ausbreitung von Schall sowie experimentelle und simulative Möglichkeiten zur Analyse und Reduktion von Lärm |
| 13. Inhalt: | • Aeroakustische Phänomene<br>• Einführung in die Akustik<br>• Messtechnik<br>• Wellenakustik<br>• Ausbreitungsphänomene<br>• Aerodynamische Quellen<br>• Schallerzeugung und -abstahlung<br>• Simulationsverfahren |
| 14. Literatur: | Skript „Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 440101 Vorlesung mit Übungen Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44011 Aeroakustik der Luft- und Raumfahrt (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Aerodynamik von Luft- und Raumfahrzeugen |

# Modul: 49600 Aeroelastizität I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600119 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Gunter Faust |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strukturmechanik, Strömungsmechanik, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können im Rahmen der Aeroelastizität I komplexe statische Systeme inklusive des rückgekoppelten (nichtlinearen) Effektes modellieren, um Aussagen hinsichtlich des Spannungsproblems (Festigkeit und Gebrauchfähigkeit) und der Torsions- und Biegedivergenz von Flugkörpern zu treffen. Sie beherrschen den Vergleich einer analytischen Lösung eines ungepfeilten Flügels mit einer numerischen Finite Elementlösung und können die Stärken und Schwächen der jeweiligen Lösungsansätze aufzeigen. |
| 13. Inhalt: | **Aeroelastizität I:**<br>Statische Aeroelastizität:<br>Spannungsproblem (Festikeits- u. Gebrauchsnachweis),<br>Stabilitätsproblem (Divergenzverhalten)<br>Torsionsdivergenz, Modellbeschreibung,Flügelquerschnitt ohne Ruder<br>Biegedivergenz schlanker Flugkörper<br>Ruderwirksamkeit, Modellbeschreibung, Flügelquerschnitt mit Ruder |

| | |
|---|---|
| | Höhenleitwerkswirksamkeit<br>Analytische und numerische Lösung (FE)/ Torsionsdivergenz des ungepfeilten Tragflügels<br>Biege- u. Torsionsdivergenz des gepfeilten Tragflügels<br>Biegedivergenz - Tragflügel mit kleiner Streckung<br>Querruderwirksamkeit - räumliches Problem |
| 14. Literatur: | Försching, H.W.(1974); Grundlagen der Aeroelatizität, Springer.<br>Bisplinghoff, R.L.el. all. (1955); Aeroelasticity, Dover.<br>Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496001 Vorlesung & Übung Aeroelastizität I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49601 Aeroelastizität I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49590 Aeroelastizität I+II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600120 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Gunter Faust |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strukturmechanik, Strömungsmechanik, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden können durch die Aeroelastizität I komplexe statische Systeme inklusive des rückgekoppelten (nichtlinearen) Effektes modellieren, um Aussagen hinsichtlich des Spannungsproblems (Festigkeit und Gebrauchfähigkeit) und der Torsions- und Biegedivergenz von Flugkörpern zu treffen. Sie beherrschen den Vergleich einer analytischen Lösung eines ungepfeilten Flügels mit einer numerischen Finite Elementlösung und können die Stärken und Schwächen der jeweiligen Lösungsansätze aufzeigen.<br><br>Durch Aeroelastizität II kennen die Studierenden mathematische Methoden,<br><br>mittels derer das komplexe Wechselspiel aus dynamischen Luftkräften und dynamischer Strukturverformung modelliert und numerisch gelöst werden kann. |
| 13. Inhalt: | **Aeroelastizität I:**<br><br>Statische Aeroelastizität:<br><br>Spannungsproblem (Festikeits- u. Gebrauchsnachweis),<br><br>Stabilitätsproblem (Divergenzverhalten) |

Torsionsdivergenz, Modellbeschreibung, Flügelquerschnitt ohne Ruder

Biegedivergenz schlanker Flugkörper

Ruderwirksamkeit, Modellbeschreibung, Flügelquerschnitt mit Ruder

Höhenleitwerkswirksamkeit

Analytische und numerische Lösung (FE)/Torsionsdivergenz des ungepfeilten Tragflügels

Biege- u. Torsionsdivergenz des gepfeilten Tragflügels

Biegedivergenz - Tragflügel mit kleiner Streckung

Querruderwirksamkeit - räumliches Problem

**Aeroelatizität II:**

Dynamische Aeroelastizität:

Spannungsproblem (Festigkeits- u. Gebrauchsnachweis),

Stabilitätsproblem (Flattern)

Mathematische Grundlagen

Fourier-Reihe, reell + komplex

Fourier-Transformierte

Fouriertransformation der partikulären Lösung

Laplace-Transformation

Aerodynamik schwingender Auftriebsysteme (Potentialströmungen)

Aerodynamik - Grundlagen, Grundbegriffe, Übersicht - Grundgleichungen reibungsfreier, inkompressibler Strömungen

Vereinfachung - rotationsfreie Strömung, Potential- und Druckgleichung

Verschiedene Näherungen für die Potential- und Druckgleichung

Näherungsstufen für die Potentialgleichung (Gâteaux-Ableitung)

Näherungsstufen für den Druckbeiwert

Harmonisch schwingende Aufriebssysteme

Tragflügel in zweidimensionaler stationärer inkompressibler Strömung

Fourierabgleich nach Küssner

Beispiel Schlagschwingung

Flattergleichung

14. Literatur:

Försching, H.W.(1974); Grundlagen der Aeroelatizität, Springer.

Bisplinghoff, R.L.el. all. (1955) ; Aeroelasticity, Dover.

| | |
|---|---|
| | Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 495901 Vorlesung Aeroelastizität I+II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49591 Aeroelastizität I+II (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44050 Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700301 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Bernhard Weigand |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können die partiellen Differenzialgleichungen einteilen und wissen welche Lösungsmethoden für welche Gleichung angewendet werden soll.<br>• Die Studierenden können Separationsmethoden anwenden und können Eigenwertprobleme lösen.<br>• Die Studierenden wissen wie man eine partielle DGL auf Ähnlichkeitslösungen hin überprüft und wie man diese dann bestimmt. |
| 13. Inhalt: | • Einteilung von partiellen Differenzialgleichungen<br>• Lösungsmethoden für lineare partielle Differenzialgleichungen (Separationsmethoden, Intergraltransformationen)<br>• Allgemeine Eigenwertprobleme (Sturm-Liouville'sche Eigenwertprobleme)<br>• Lösungsmethoden für nichtlineare partielle Diffferenzialgleichungen (Variablentransformation, Trennung der Variablen, Ähnlichkeitslösungen)<br>• Störungsrechnung |
| 14. Literatur: | B. Weigand, Analytical Methods for Heat Transfer and Fluid Flow Problems, Springer-Verlag |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440501 Vorlesung Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme<br>• 440502 Seminar Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme,<br>Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme,<br>Seminar: 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 105 h (42 h Präsenzzeit, 63 h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44051 Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44070 Analytische Methoden

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700300 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | • Bernhard Weigand<br>• Volker Simon |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die verschiedenen Einheitensysteme.<br>• Die Studierenden verstehen die Aussage des Pi-Theorems.<br>• Die Studierenden können eine Dimensionsmatrix aufstellen und die dimensionslosen Gruppen bestimmen.<br>• Die Studierenden wissen, wie man die Modelltheorie anwenden muss.<br>• Die Studierenden wissen, was man unter einer Ähnlichkeitslösung versteht.<br>• Die Studierenden können die partiellen Differenzialgleichungen einteilen und wissen welche Lösungsmethoden für welche Gleichung möglich ist.<br>• Die Studierenden können Separationsmethoden anwenden und können Eigenwertprobleme lösen.<br>• Die Studierenden wissen wie man eine partielle DGL auf Ähnlichkeitslösungen hin überprüft und wie man diese dann bestimmt. |
| 13. Inhalt: | • Einheitensysteme, Dimensionsformel und Bridgeman-Gleichung<br>• Buckingham (Pi) Theorem<br>• Modelltheorie<br>• Wahl des Basisgrößensystems<br>• Ähnlichkeitslösungen<br>• Einteilung von partiellen Differenzialgleichungen<br>• Lösungsmethoden für lineare partielle Differenzialgleichungen (Separationsmethoden, Intergraltransformationen)<br>• Allgemeine Eigenwertprobleme (Sturm-Liouville'sche Eigenwertprobleme) |

| | |
|---|---|
| | • Lösungsmethoden für nichtlineare partielle Diffferenzialgleichungen (Variablentransformation, Trennung der Variablen, Ähnlichkeitslösungen)<br>• Störungsrechung |
| 14. Literatur: | • V. Simon: Dimensionsanalyse, Skript<br>• Kays, Crawford, Weigand: Convective Heat and Mass Transfer, McGraw Hill 2005<br>• B. Weigand, Analytical Methods for Heat Transfer and Fluid Flow Problems, Springer-Verlag<br>• J.H. Spurk, Dimensionsanalyse in der Strömungslehre, Springer-Verlag<br>• H. Görtler, Dimensionsanalyse, Springer-Verlag |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 440701 Vorlesung Dimensionsanalyse<br>• 440702 Seminar Dimensionsanalyse<br>• 440703 Vorlesung Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme<br>• 440704 Seminar Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dimensionsanalyse, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Dimensionsanalyse, Seminar (freiwillig): 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme,<br>Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br>Analytische Lösungsmethoden für Wärme- und Stoffübertragungsprobleme,<br>Seminar: 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 189 h (70 h Präsenzzeit, 119 h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44071 Analytische Methoden (PL), schriftliche Prüfung, 180 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44260 Dimensionsanalyse

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700302 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Volker Simon |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die verschiedenen Einheitensysteme.<br>• Die Studierenden verstehen die Aussage des Pi-Theorems.<br>• Die Studierenden können eine Dimensionsmatrix aufstellen und die dimensionslosen Gruppen bestimmen.<br>• Die Studierenden wissen, wie man die Modelltheorie anwenden muss.<br>• Die Studierenden wissen, was man unter einer Ähnlichkeitslösung versteht. |
| 13. Inhalt: | • Einheitensysteme<br>• Dimensionsformel und Bridgeman-Gleichung<br>• Buckingham (Pi) Theorem<br>• Wahl des Basisgrößenssystems<br>• Modelltheorie<br>• Ähnlichkeitslösungen |
| 14. Literatur: | • V. Simon: Dimensionsanalyse, Skript<br>• J.H. Spurk, Dimensionsanalyse in der Strömungslehre, Springer-Verlag<br>• H. Görtler, Dimensionsanalyse, Springer-Verlag |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 442601 Vorlesung Dimensionsanalyse<br>• 442602 Seminar Dimensionsanalyse |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dimensionsanalyse, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Dimensionsanalyse, Seminar (freiwillig): 35 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 21 h)<br>Gesamt: 84 h (28 h Präsenzzeit, 56 h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44261 Dimensionsanalyse (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44310 Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700304 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Andreas Dreizler |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Unterschiede der Quantenmechanik zur klassischen Mechanik.<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen der Spektroskopie.<br>• Die Studierenden verstehen den mikroskopischen Aufbau der Materie.<br>• Die Studierenden kennen spektroskopische Methoden. |
| 13. Inhalt: | • Elektromagnetische Wellen - was ist Licht?<br>• Grundlagen der Quantenmechanik - wo liegen die Unterschiede zur klassischen Mechanik?<br>• Aufbau der Materie - Verstehen des mikroskopischen Aufbaus von Atomen und Molekülen<br>• Wechselwirkung zwischen Licht und Materie - die Grundlage der Spektroskopie<br>• Einige spektroskopische Methoden<br>• Resonante Prozesse<br>• Nicht-resonante Prozesse<br>• Nicht-lineare Effekte |
| 14. Literatur: | Gerd Wedler, Lehrbuch der Physikalischen ChemieVCH-Verlagsgesellschaft,<br>J. Michael Hollas, Modern Spectroscopy, John Wiley & Sons |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443101 Vorlesung Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |

| | |
|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44311 Einführung in die Quantenmechanik und Spektroskopie (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 48680 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Ioannis Doltsinis |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Grundzüge der Elastostatik, finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den Eigenheiten elastisch-plastischen Verhaltens metallischer Werkstoffe bei monotoner wie auch bei wechselnder Beanspruchung vertraut, und kennen die mathematischen Ansätze zu dessen Beschreibung.<br>Sie wissen, die Festigkeitsreserven der plastischen Verformung bei der Bauteildimensionierung einzuschätzen.<br>Sie kennen die grundlegenden Verfahren zur Lösung elastisch-plastischer Probleme und sind in der Lage in bestimmten Fällen analytische Ansätze zu erarbeiten. |

| | |
|---|---|
| | Sie sind vertraut mit der Tragfähigkeit elastisch-plastischer Systeme und beherrschen die Methoden zu deren Abschätzung bzw. Eingrenzung.<br>Sie wissen über Versagen bzw. Anpassung des Tragwerks bei wechselnder Belastung Bescheid und können die Bedingungen für einen sicheren Einsatz festlegen.<br>Sie beherrschen die grundlegenden Algorithmen elastisch-plastischer Berechnungen mit finiten Elementen, können das numerische Verhalten der Lösung wie Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit ergründen und interpretieren. Ebenso die numerische Lösung mit Hilfe des vermittelten theoretischen Hintergrunds.<br>Sie kennen den Einfluss der Temperatur sowie der Zeit bei Werkstoffen mit viskosen Komponenten (Kriechen).<br>Sie wissen über die Signifikanz von endlichen Formänderungen für die Bauteilstabilität.<br>Sie sind mit der Modellierung von inelastischen Prozessen und mit deren numerischen Behandlung vertraut. |
| 13. Inhalt: | • Stoffverhalten und mathematische Ansätze<br>• Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua - Lösungsmethoden, Fallstudien<br>• Tragfähigkeit und ihre Abschätzung - Traglasttheoreme<br>• Wechselbelastung - Theorie der Anpassung<br>• Numerische Berechnungsverfahren - Algorithmen, numerisches Verhalten<br>• Einfluss von Temperatur und Zeit<br>• Signifikanz endlicher Formänderungen - Bauteilstabilität<br>• Modellierung und Simulation inelastischer Prozesse |
| 14. Literatur: | Ioannis Doltsinis, Elements of Plasticity - Theory and Computation, WIT Press Southampton 2000, 2nd edition 2010.<br>Ioannis Doltsinis, Large Deformation Processes of Solids, WIT Press Southampton 2004.<br>Zusammenfassende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 486801 Vorlesung und Übung Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 26 h, Selbststudium 64 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48681 Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44330 Elastische/inelastische Lichtstreuung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700401 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Norbert Roth |
| 9. Dozenten: | • Norbert Roth<br>• Dietmar Zeh |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Prinzipien der geometrischen Optik.<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen der elastischen Lichtstreuung.<br>• Die Studierenden kennen die Grundlagen der inelastischen Lichtstreuung.<br>• Die Studierenden verstehen und beherrschen die elastische Lichtstreuung an sphärischen Partikeln. |
| 13. Inhalt: | • Partikel und Welleneigenschaften des Lichtes<br>• Brechung, Reflexion, Beugung<br>• Interferenzerscheinungen<br>• Nichtlineare Streueffekte<br>• Lichtstreuung an Tropfen Mie-Theorie |
| 14. Literatur: | Weiterführende und vertiefende Literatur:<br>- E. Hecht: Optik, Addison and Wesley, 1989<br>- van der Hulst<br>- Bohren and Huffman |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443301 Vorlesung Elastische/inelastische Lichtstreuung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44331 Elastische/inelastische Lichtstreuung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

| | |
|---|---|
| 19. Medienform: | Tafel, Overhead-Projektor, Folienpräsentation, Labortermine |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 49640 Finite Elemente II (Diskretisierung II)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600123 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Michael Reck |
| 9. Dozenten: | Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Die Studierenden sind bereits mit den Grundlagen der finiten Elementen aus dem Fach "Einführung in die Finite-Elemente-Methode (Diskretisierung I)" vertraut. |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>• kennen die allgemeinen und speziellen physikalischen Grundlagen für die Finite-Elemente-Methode,<br>• sind mit den Ansätzen verschiedener Elemente für den 1D-, 2D- und 3D-Raum vertraut,<br>• können die Gleichungssysteme für verschiedene Ein- und Mehrfeldprobleme erstellen,<br>• sind mit den theoretischen Verfahren in der Strukturmechanik vertraut, welche durch Reduktion der Freiwerte im Ansatz direkt zum linearen Gleichungssystem führen,<br>• sind mit den theoretischen Verfahren so weit vertraut, dass diese zur Programmierung eingesetzt werden können,<br>• kennen die Methoden der Nachlaufrechnung, sowie deren Vor- und Nachteile. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | • Das physikalische Grundprinzip, nach dem die Natur den Weg des geringsten Widerstandes geht,<br>• Variationsrechnung, das Prinzip von Galerkin, Ein- und Mehrfeldprinzipe,<br>• Ansätze für rechteckige und dreieckige Elemente im 2D-Raum, sowie Elemente im 3D-Raum,<br>• Erstellen des Gleichungssystems für verschiedene Ein- und Mehrfeldprobleme,<br>• reduzierte Ansätze zum Lösen von Randwertaufgaben in der Strukturmechanik mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode,<br>• das Konzept der isoparametrischen Elemente,<br>• Matrizen und Vektoren wie z.B. kinematisch konsistente Lasten, Dehnungs-Verschiebungsmatrizen und Jakobi-Matrizen zum Zwecke der Programmierung der bisher erlernten Theorie,<br>• numerische Integration der Steifigkeit,<br>• Barlow-Spannungspunkte zur Spannungs- und Dehnungsberechnung.<br>• Konvergenzbetrachtung und Pach-Test der Finite-Elemente-Methode. |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br><br>Ergänzende Vortragsfolien<br><br>Zusätzliche Übungen<br><br>J. Betten, Finite Elemente für Ingenieure 1, Grundlagen, Matrixmethoden, elastisches Kontinuum, Springer Verlag Berlin, zweite Auflage, 2003<br><br>J. Betten, Finite Elemente für Ingenieure 2, Variationsrechnung, Energiemethoden, Näherungslösungen, Nichtlinearitäten, numerische Integration, Springer Verlag Berlin, zweite Auflage, 2004<br><br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, zweite Auflage, 2002<br><br>O. C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, McGraw-Hill, Book Company. (Deutsche Übersetzung als Hanser Fachbuch), Third edition, 1977<br><br>K. Knothe, H. Wessels, Finite-Elemente, Eine Einführung für Ingenieure, Springer Verlag, Heidelberg, vierte Auflage, 2008 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496401 Vorlesung Finite Elemente II (Diskretisierung II) |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49641 Finite Elemente II (Diskretisierung II) (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | • 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)<br>• 49660 Nichtlineare Finite Elemente |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen |

# Modul: 49650 Finite Elemente III (Diskretisierung III)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rafael Jarzabek |
| 9. Dozenten: | Rafael Jarzabek |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente II (Diskretisierung II) |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind bereits mit den Grundlagen der Finiten Elemente vertraut. Sie können die numerische Methode der finiten Elemente auf zeitlich veränderliche physikalische Probleme anwenden. Die Studierenden sind mit weiteren relevanten Grundlagen in den Fächern der finiten Differenzen und der Variationsrechnung vertraut.<br><br>Die sich aus der theoretischen Formulierung ergebenden numerischen Prinzipien können in den Fächern der Thermodynamik und Dynamik angewandt werden, so dass der Studierende ein vertieftes Verständnis für das implizite sowie explizite Verfahren, die integralen Methoden und die Methode der Least-Squares besitzt. |
| 13. Inhalt: | • Finite Differenzen. Zusammenfassung und Beispiele in der Mechanik.<br>• Variationsrechnung. Was ist der Unterschied zwischen der Differential- und Variationsrechnung?<br>• Herleitung des Prinzips der virtuellen Arbeit mittels der Variationsrechnung.Findet eine Energieerhaltung oder ein Verlust an Energie in der Mechanik statt? |

| | |
|---|---|
| | • Darstellung der globalen und lokalen Variationsbetrachtungen.<br>• Darstellung und Vergleich der Variationsmethoden im Raum: Rayleigh-Ritz, Galerkin, Kollokation, Least-Squares,<br>• Variationsmethoden in der Thermodynamik: implizites- / explizites- / Crank-Nicolson Verfahren, Galerkin- Verfahren, Kollokationsbetrachtung, Least-Squares-Verfahren, Time-Discontinuous-Verfahren.<br>• Lokale und globale Variationsmethoden in der Dynamik: Rayleigh-Ritz, Galerkin-Verfahren, Least-Squares Verfahren, implizite- / explizites-Verfahren, Time-Discontinuous-Verfahren.in der Zweifeldformulierung.<br>• Stabilitätsbetrachtung der expliziten thermodynamischen und dynamischen Verfahren.<br>• Nicht lineare Gleichungssysteme, resultierend aus nicht linearen Differentialgleichungen. |
| 14. Literatur: | J. Betten, Finite Elemente für Ingenieure, Band I und IIW. Wunderlich, Mechanics of structures, Variational and computational methods |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496501 Vorlesung Finite Elemente III |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49651 Finite Elemente III (Diskretisierung III) (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44490 Geschwindigkeitsgrenzschichten

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110154 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | Ulrich Rist |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen<br>• die physikalische Bedeutung von Grenzschichten<br>• die Herleitung der Grenzschichtgleichungen<br>• analytische Lösungen der Navier-Stokes-Gleichungen mit Grenzschichtcharakter<br>• numerische Lösungsverfahren und Lösungen der Grenzschichtgleichungen<br>• die Einflüsse der Turbulenz auf Gleichungen und Strömung<br>• die wesentlichen Parameter, die die Lage der laminar-turbulenten Transition bestimmen<br>• die Unterschiede zwischen zwei- und dreidimensionalen Grenzschichten<br><br>Die Studierenden sind in der Lage<br>• Reibungswiderstand und Grenzschichtdicken generischer Konfigurationen abzuschätzen<br>• mit den in der Vorlesung bzw. Übung ausgeteilten Diagrammen und Tabellen umzugehen<br>• die in der Vorlesung vorgestellten generischen Lösungen zur Validierung von CFD-Verfahren zu verwenden |
| 13. Inhalt: | Grenzschichttheorie: Grundbegriffe, Definitionen; Temperaturgrenzschichten, Exakte Lösungen der Navier-Stokes-Gleichungen: ebene Couette-Strömung, kompressible Couette-Strömung, ebene Kanalströmung (Poiseuille); Näherungslösungen der Navier-Stokes-Gleichungen: integrale Betrachtung, Grenzschichtgleichungen; |

| | |
|---|---|
| | Laminare Grenzschichten: Blasius-Grenzschicht, kompressible Plattengrenzschicht, Keilströmungen nach Falkner-Skan, Howarth-Strömung; Turbulente Plattengrenzschicht; Transition im Überblick; 3-DGrenzschichten: rotationssymmetrische Grenzschichten, Schiebewinkeleinfluss (Falkner-Skan-Cooke); Grenzschichtablösung; Grenzschichtbeeinflussung |
| 14. Literatur: | John D. Anderson, Jr.: Fundamentals of Aerodynamics, McGraw-Hill, 2001<br>Frank M. White: Viscous Fluid Flow, McGraw-Hill, 1974<br>Hermann Schlichting: Grenzschichttheorie, G. Braun, Karlsruhe, 1982<br>Skript, Diagramme und Tabellen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 444901 Vorlesung Geschwindigkeitsgrenzschichten |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44491 Geschwindigkeitsgrenzschichten (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44500 Grenzschichtdynamik und -kontrolle

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110123 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | • Ulrich Rist<br>• Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die Mechanismen des primär und sekundär reibungsinduzierten Widerstandes an aerodynamischen Körpern zu verstehen und Kontrollmaßnahmen entwerfen und anwenden zu können. |
| 13. Inhalt: | **Vorlesung „Geschwindigkeitsgrenzschichten"**<br>Grenzschichttheorie: Grundbegriffe, Definitionen; Temperaturgrenzschichten, Exakte Lösungen der Navier-Stokes-Gleichungen: ebene Couette-Strömung, kompressible Couette-Strömung, ebene Kanalströmung (Poiseuille); Näherungslösungen der Navier-Stokes- Gleichungen: integrale Betrachtung, Grenzschichtgleichungen; Laminare Grenzschichten: Blasius-Grenzschicht, kompressible Plattengrenzschicht, Keilströmungen nach Falkner-Skan, Howarth-Strömung; Turbulente Plattengrenzschicht; Transition im Überblick; 3D-Grenzschichten: rotationssymmetrische Grenzschichten, Schiebewinkeleinfluss (Falkner-Skan-Cooke); Grenzschichtablösung; Grenzschichtbeeinflussung<br><br>**Vorlesung „Laminar-turbulente Transition"**<br>Wege zur Turbulenz: transition road map; Primärinstabilitätstheorie (Rayleigh- / Orr-Sommerfeld-Gleichung, modales/nichtmodales Strörungswachstum); Transitionsvorhersage (e-hoch-N-Methode/subkritisches Wachstum)); Einfluss Rauigkeit, Schiebewinkel, Machzahl, Wandtemperatur; Sekundärinstabilitätstheorie |

| | |
|---|---|
| | (spektral/lokal);Transitionstypen/dynamische Strukturen;Transitionskontrolle |
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>White: Viscous Fluid Flow, McGraw-Hill ; Schlichting: Grenzschichttheorie;<br>Schmid, Henningson: Stability and Transition in Shear Flows, Springer. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445001 Vorlesung Geschwindigkeitsgrenzschichten<br>• 445002 Vorlesung Laminar-turbulente Transition |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Geschwindigkeitsgrenzschichten, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Laminar-turbulente Transition, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit:28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h ) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44501 Grenzschichtdynamik und -kontrolle (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44510 Grundlagen der Turbulenzmodellierung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700192 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Grazia Lamanna |
| 9. Dozenten: | • Grazia Lamanna<br>• Sebastian Spring |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strömungslehre, Thermodynamik |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• die theoretischen Grundlagen zur Beschreibung turbulenter Strömungen.<br>• Modellierungsansätze (Wirbelviskositätsmodelle, Reynolds-Spannungsmodelle).<br>• die Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS.<br>• Anwendungsbeispiele mit CFD. |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die Turbulenz<br>• Statistische Beschreibung der Turbulenz<br>• Schließungsproblem<br>• Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS<br>• Klassische Turbulenzmodelle: Überblick |
| 14. Literatur: | Durbin, P. A.: Statistical Theory and Modeling for Turbulent Flows<br>Ferziger, Peric: Computational fluid dynamics<br>David C. Wilcox: Turbulence Modeling for CFD |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445101 Vorlesung Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• 445102 Tutorium Grundlagen der Turbulenzmodellierung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Grundlagen der Turbulenzmodellierung, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbsstudium 56 h)<br>Grundlagen der Turbulenzmodellierung, Seminar: 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h) |

| | |
|---|---|
| | Gesamt: 105 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 70 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44511 Grundlagen der Turbulenzmodellierung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafelanschrieb, Overhead-Projektor, PowerPoint, CIP-Pool |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44520 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700201 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Rainer Walther |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Funktionsweise der Flugtriebwerks-Brennkammer und -Nachverbrennung.<br>• Die Studierenden verstehen die physikalisch-chemischen Ursachen der Schadstoffbildung.<br>• Die Studierenden kennen Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Schadstoffreduzierung. |
| 13. Inhalt: | • Brennkammern in Flugtriebwerken und ihre Funktionsweise<br>• Schadstoffbildung in Brennkammern<br>• Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung<br>• Atmosphärenwirkung luftfahrtbedingter Emissionen |
| 14. Literatur: | A. H. Lefebvre: Gas Turbine Combustion<br>D. L. Dagett et al.: Alternate Fuels for Use in Commercial Aircraft, ISABE-2007-1196 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 445201 Vorlesung Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 112 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 84 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44521 Grundlagen der Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44550 Hyperschallströmung und -flug

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110124 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die Phänomene und Probleme beim Reichweiten- und Kurzzeit-Hochgeschwindigkeitsflug zu verstehen und Auslegungen vornehmen zu können. |
| 13. Inhalt: | Vorlesung „Hyperschallströmung"<br>• Teil 1: Reibungsfreie Strömung (2 SWS)<br>Übersicht: Flugkörperformen, aerodynamische und thermische Belastung;<br>Stoß-/Expansionsbeziehungen im Hyperschalllimit, Wellenreiterprinzip; Druckbeiwertbedeutung und- bestimmung (Newton-Methode), Ähnlichkeit<br>(Tsien-Parameter); konische Strömung (Taylor-Maccoll-Gl.); elliptischer Kegel /Querströmungseffekte; Strömungsfeldberechnung: Prinzip Raum-<br>/Zeitschrittverfahren<br>• Teil 2: Reibungsbehaftete Strömung (2 SWS)<br>Grenzschichtgleichungen, 2. Viskosität; laminare Platten-, Kegel-, Staupunktgrenzschicht<br>(Reibungsbeiwert, Stantonzahl, Reynoldsanalogie); turbulente Platten-, Kegelgrenzschicht; Referenztemperaturmethode; Laminarturbulente<br>Transition (Szenarien, Theorien, Vorhersage); Viskose Interaktion; Hochtemperatureffekte<br>(Vibrationsanregung, Dissoziation, Nicht-/Gleichgewicht) |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>Anderson: Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics, AIAA Education<br>Hirschel: Basics of Aerothermodynamics. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 445501 Vorlesung Hyperschallströmung und -flug 1<br>• 445502 Vorlesung Hyperschallströmung und -flug 2 |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Hyperschallströmung und -flug 1, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Hyperschallströmung und -flug 2, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44551 Hyperschallströmung und -flug (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44580 Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700253 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Nach Ankuendigung |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Grazia Lamanna |
| 9. Dozenten: | • Grazia Lamanna<br>• Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strömungslehre, Thermodynamik |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden lernen, wie sich Dichtestörungen in kompressiblen Medien ausbreiten<br>• Die Studierenden verstehen den Unterschied zwischen akustischen, charakteristischen und Stoß-Wellen<br>• Die Studierenden verstehen den Unterschied zwischen stationärer und instationärer Wellenausbreitung<br>• Die Studierenden sind in der Lage Zustandsänderungen infolge intationärer Wellen zu berechnen<br>• Die Studierenden erhalten Einblick in die Gasdynamik instationär bewegter Wellen<br>• Die Studierenden lernen, wie ein Stoßrohr funktioniert und betrieben wird<br>• Die Studierenden können das „Stoßrohr-Problem" lösen |
| 13. Inhalt: | • Entstehung instationärer Wellen<br>• Bestimmung der Zustandsgrößen<br>• Instationäre Wellenausbreitung<br>• Phänomene am Stoßrohr |
| 14. Literatur: | • Oertel, H.: Stoßrohre, Springer-Verlag, 1966.<br>• Wright, J.K.: Shock Tubes, Methuen's Physical Monographs, 1961<br>• Sauer, R.: Nichtstationäre Probleme der Gasdynamik, Springer-Verlag, 1966. |

- A Herooldnearu,t iDca.Wl ., Schultz, D.L.: On the flow in a reflected-shock tunnel, Research Council (ARC) Reports and Memoranda, No. 3265, 1960.
- Oswatitsch, K.: Gasdynamik, Springer-Verlag, 1952.
- Zierep, J.: Vorlesung über theoretische Gasdynamik, Verlag G. Braun, Karlsruhe,1962
- Liepmann, H.W.; Roshko, A.: Elements of Gasdynamics, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1957.


| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 445801 Vorlesung Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44581 Instationäre Gasdynamik und Stoßrohrprobleme (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafelanschrieb, Overhead-Projektor, PowerPoint<br><br>Die Inhalte der Vorlesung werden zum Teil auf Deutsch und zum Teil auf Englisch vermittelt. |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44600 Kinetische Gastheorie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700163 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jens Wolfersdorf |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die gaskinetischen Gebiete und können diese anhand thermodynamischer Parameter unterscheiden.<br>• Die Studierenden kennen die mikroskopischen Definitionen von Zustandsgrößen und deren mathematische Darstellung. |

| | |
|---|---|
| | • Die Studierenden verstehen das unterschiedliche Stoffverhalten von idealen Gasen in den gaskinetischen Gebieten.<br>• Die Studierenden können gaskinetische Effekte bei Anwendungen der Luft- und Raumfahrttechnik bewerten und den Gültigkeitsbereich von Kontinuumsverfahren einschätzen. |
| 13. Inhalt: | • Aufgaben und Methoden der Kinetischen Gastheorie, Verteilungsfunktion und makroskopische Zustandsgrößen, Beschreibung von Gasgemischen<br>• Molekulare Geschwindigkeitsverteilung, Stoßfrequenz, Transporteigenschaften in mäßig verdünnten Gasen und in stark verdünnten Gasen<br>• Die Maxwellverteilung und ihre Eigenschaften, Darstellung der Maxwellverteilung und Mittelwerte der molekularen Geschwindigkeiten, Effusion, Mittelwert der Relativgeschwindigkeit, Berechnung der Stoßfrequenz, Anregung innerer Freiheitsgrade<br>• Randbedingungen in verdünnten Gasen, Sprünge der Zustandsgrößen an Wänden, Wärmeleitung im stationären Fall, Hagen-Poiseuille-Strömung<br>• Boltzmanngleichung, Ansätze zur Lösung insb. Chapman-Enskog, Ableitung Euler- und Navier-Stokes-Gleichungen, numerische Lösungsansätze insb. Direct Simulation Monte Carlo |
| 14. Literatur: | Umdrucke, Vorlesungsaufschrieb, Folien<br>Arnold Frohn: Einführung in die Kinetische Gastheorie, 2. Aufl. Wittwer, 2006<br>Dieter Hänel: Molekulare Gasdynamik, Springer, 2004 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446001 Vorlesung Kinetische Gastheorie<br>• 446002 Übung Kinetische Gastheorie<br>• 446003 Tutorium Kinetische Gastheorie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kinetische Gastheorie, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Kinetische Gastheorie, Übungen: 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Kinetische Gastheorie, Seminar (freiwillig): 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Gesamt: 105h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 70 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44601 Kinetische Gastheorie (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44640 Kompressible Strömungen I + II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110101 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Nach Ankuendigung |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Uwe Gaisbauer |
| 9. Dozenten: | • Grazia Lamanna<br>• Uwe Gaisbauer |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Thermodynamik, Strömungsmechanik |
| 12. Lernziele: | |
| 13. Inhalt: | - Thermodynamische Grundlagen<br>- Stationäre, kompressible, thermische Strömungen<br>- Verdichtungs- und Expansionsphänomene<br>- Kompressible Strömungen mit Energiezufuhr<br>- Beispiele an Düsen- und Turbineströmungen |
| 14. Literatur: | Skript, Folien, Pflichtlektüre |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446401 Vorlesung Kompressible Strömungen I<br>• 446402 Vorlesung Kompressible Strömungen II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kompressible Strömungen I, Vorlesung: 28h (Präsenzzeit 28h, Selbststudium 62h)<br>Compressible flows II, lecture: 28h (Präsenzzeit 28h, Selbststudium 62h)<br>Gesamt: 180h (Präsenzzeit 56h, Selbststudium 124h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44641 | Kompressible Strömungen I + II (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 44710 Laminar-turbulente Transition

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die Mechanismen der laminarturbulenten Transition von wandgebundenen Scherschichten zu verstehen und wichtige Transitionsvorhersagemethoden und -kontrollmaßnahmen nachvollziehen und anwenden zu können. |
| 13. Inhalt: | • Wege zur Turbulenz: Transition Road Map<br>• Primärinstabilitätstheorie (Rayleigh- / Orr-Sommerfeld-Gleichung, modales/nichtmodales Strörungswachstum)<br>• Transitionsvorhersage (e-hoch-N-Methode/subkritisches Wachstum))<br>• Einfluss Rauigkeit, Flügelpfeilung (Querströmung), Machzahl, Wandtemperatur;<br>• Sekundärinstabilitätstheorie (spektral/lokal)<br>• Transitionstypen/dynamische Strukturen<br>• Transitionskontrolle |
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>Schmid, Henningson: Stability and Transition in Shear Flows, Springer;<br>White: Viscous Fluid Flow, McGraw-Hill. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447101 Vorlesung Laminar-turbulente Transition |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44711 | Laminar-turbulente Transition (BSL), mündliche Prüfung, 25 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 48690 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400191 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Laura Vranos |
| 9. Dozenten: | Laura Vranos |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Vorlesung „Luftfahrtantriebe und Turbomaschinen" (BSc.) |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden wissen, welche Informationen und Randbedingungen sie zur Modellbildung von Flugzeugtriebwerken benötigen. Sie können die wichtigsten Funktionen eines grafisch unterstützten Leistungssyntheseprogramms (Gasturb) eigenständig bedienen. Damit können sie ein Triebwerk auf gegebene Betriebsdaten hin auslegen und bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen nachrechnen. Die Studierenden können das Verhalten von Triebwerkskomponenten bewerten. |
| 13. Inhalt: | • Wiederholung der benötigten Grundlagen für Triebwerke<br>• Wiederholen einer Zyklusrechnung<br>• Stationäre Leistungsrechnung: Zweck, Grundlagen (Mittenschnittsrechnung), Aufbau (Rechenwege), Beispiele für verwendete Programme<br>• Turbomaschinenkennfelder und wichtige Kennfeldkorrekturen (Gamma, Reynolds, Spalt, Untwist, Instrumentierung...)<br>• Massenstromgleichgewicht, Schließbedingungen, Kennfeldskalierer<br>• Einarbeitung in Gasturb 10 von Joachim Kurzke (CIP-Pool)<br>• Generierung von Betriebsdaten (JetCat)<br>• Auslegung eines Triebwerks anhand gegebener Betriebsdaten (Design) |

| | |
|---|---|
| | • Nachrechnung eines Triebwerkmodells für verschiedene Betriebsbedingungen (Berechnung von Betriebslinien, Parameterstudie)<br>• Transiente Leistungsrechnung<br>• Seminarbegleitendes Lernen von physikalischen Zusammenhängen innerhalb von Triebwerken |
| 14. Literatur: | Kurzke, J.: Gasturb 12 Manual, 2012, http://www.gasturb.de/manual.html |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 486901 Projektseminar Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48691 Leistungssyntheserechnung für Turboflugtriebwerke (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44800 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600114 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Methoden zur Beurteilung der Schädigung von schwingend beanspruchten Konstruktionen des Maschinenwesens und speziell der Luft- und Raumfahrt.<br>• Sie beherrschen die rechnerischen und experimentellen Verfahren bzw. Konzepte zur Abschätzung der Lebensdauer einer Konstruktion und deren Elemente. Sie sind in der Lage, Ergebnisse der Lebensdauerabschätzung kritisch zu hinterfragen und zu beurteilen. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen die Unterschiede zwischen zügigen und zyklischen Materialkennwerten und beherrschen die Prüftechniken zur Ermittlung dieser Kennwerte.<br>• Die Studierenden sind vertraut mit den verschiedenen Verfahren zur Analyse und Synthese von Betriebsbeanspruchungen und wissen diese bei den unterschiedlichen Schadensakkumulationsmodellen entsprechend zu berücksichtigen. Sie sind vertraut mit den aktuellen problemorientierten Standard-Last-Zeit-Sequenzen.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, die Festigkeit rissbehafteter Bauteile zu bestimmen, unter Berücksichtigung des entsprechenden Spannungs- bzw. Verformungszustandes.<br>• Sie kennen die verschiedenen Bruchmechanik-Parameter und deren vornehmliche Anwendungsbereiche sowie Vorgehensweisen zur Bestimmung des Rissfortschritts unter zyklischer Bauteilbeanspruchung. |
| 13. Inhalt: | • Einstufenversuch (Wöhlerversuch)<br>• Ermüdungsfestigkeit - Mechanismus und Einflüsse<br>• Statistische Auswertung<br>• Zählverfahren<br>• Betriebsfestigkeitsversuch<br>• Schadensakkumulation<br>• Randomversuche<br>• Analyse und Synthese von Lastabläufen<br>• Erscheinungsformen des Bruches<br>• Griffithsche Theorie<br>• Spannungsintensitätsfaktor<br>• Rissausbreitungsmodi<br>• Spannungsfeld um Rissspitze<br>• Plastische Zone<br>• R-Kurven-Konzept<br>• CTOD-Konzept<br>• J-Integral<br>• Dynamische Rissausbreitungsmodelle<br>• Lokales Konzept<br>• Rainflow-Zählmethode<br>• Gestaltsfestigkeit<br>• Standard-Lastfolgen<br>• Faserverbundwerkstoffe (MMC) |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448001 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik I<br>• 448002 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Materialermüdung und Bruchmechanik I, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Materialermüdung und Bruchmechanik II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44801 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 50040 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600125 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Hans-Jürgen Ertelt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden beherrschen die Methoden zur Beurteilung der Schädigung von schwingend beanspruchten Konstruktionen des Maschinenwesens und speziell der Luft- und Raumfahrt.<br>• Sie beherrschen die rechnerischen und experimentellen Verfahren bzw. Konzepte zur Abschätzung der Lebensdauer einer Konstruktion und deren Elemente. Sie sind in der Lage, Ergebnisse der Lebensdauerabschätzung kritisch zu hinterfragen und zu beurteilen. |

| | |
|---|---|
| | • Sie kennen die Unterschiede zwischen zügigen und zyklischen Materialkennwerten und beherrschen die Prüftechniken zur Ermittlung dieser Kennwerte.<br>• Die Studierenden sind vertraut mit den verschiedenen Verfahren zur Analyse und Synthese von Betriebsbeanspruchungen und wissen diese bei den unterschiedlichen Schadensakkumulationsmodellen entsprechend zu berücksichtigen. Sie sind vertraut mit den aktuellen problemorientierten Standard-Last-Zeit-Sequenzen. |
| 13. Inhalt: | • Einstufenversuch (Wöhlerversuch)<br>• Ermüdungsfestigkeit - Mechanismus und Einflüsse<br>• Statistische Auswertung<br>• Zählverfahren<br>• Betriebsfestigkeitsversuch<br>• Schadensakkumulation<br>• Randomversuche<br>• Analyse und Synthese von Lastabläufen |
| 14. Literatur: | Jürgen Ertelt, Skript zur Vorlesung, jährlich aktualisiert, mit Verweisen<br><br>Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 500401 Vorlesung Materialermüdung und Bruchmechanik I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 50041 Materialermüdung und Bruchmechanik von metallischen Werkstoffen I (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44820 Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060120114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Claus-Dieter Munz |
| 9. Dozenten: | • Claus-Dieter Munz<br>• Christian Rohde |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen wichtige mathematische Methoden zur Analyse der strömungsmechanischen Gleichungen. Sie verstehen den mathematischen Hintergrund von Erhaltungsgleichungen und die Konstruktionsprinzipien, welche auch den numerischen Verfahren zu Grunde liegen, die heute zur Simulation in der LRT eingesetzt werden. Sie können die gelernten mathematischen Methoden einsetzen zur Analyse von Erhaltungsgleichungen und zur Ableitung effizienter numerischer Approximationen. |
| 13. Inhalt: | Behandelt werden die Theorie von schwachen oder integralen Lösungen für Erhaltungsgleichungen. Die zentrale Rolle der Entropiebedingung wird dargestellt. Ein wichtiger Baustein für die Theorie, Numerik und selbst für das Experiment ist die Lösung des Riemannproblems. Aufbauend auf die Charakteristikentheorie wird die Lösung des Riemannproblems aufgezeigt. Die Übertragung der Theorie auf die Konstruktion von numerischen Verfahren, wie der Satz von Lax-Wendroff und die Konsistenz der numerischen Methoden in der Klasse der schwachen Lösungen wird beschrieben. |
| 14. Literatur: | A.J. Chorin, J.E. Marsden: A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics, Springer-Verlag 1979<br>E. Godlewski, P.A. Raviart: Numerical Approximation of Hyperbolic Systems of Conservation Laws, Springer-Verlag 1996 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448201 Vorlesung Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44821 Mathematische Methoden in der Strömungsmechanik (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44860 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Georg Heinrich Herdrich<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die gaskinetischen Gebiete und können diese anhand thermodynamischer Parameter unterscheiden. Sie kennen die mikroskopischen Definitionen von Zustandsgrößen und deren mathematische Darstellung, verstehen das unterschiedliche Stoffverhalten von idealen Gasen in den gaskinetischen Gebieten und können gaskinetische Effekte bei Anwendungen der Luft- und Raumfahrttechnik bewerten und den Gültigkeitsbereich von Kontinuumsverfahren einschätzen.<br>Die Studierenden kennen die auftretenden aerothermodynamischen Phänomene während des Eintritts von Raumflugkörpern in eine Atmosphäre sowie deren physikalischen Ursprung. Sie kennen verschiedene Modelle für die numerische Simulation derartiger Phänomene und wissen über deren Gültigkeits- und Genauigkeitsbereich. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | • Kinetische Gastheorie: Aufgaben und Methoden, Verteilungsfunktion und makroskopische Zustandsgrößen, Beschreibung von Gasgemischen, molekulare Geschwindigkeitsverteilung, Stoßfrequenz, Transporteigenschaften in mäßig und stark verdünnten Gasen, Maxwellverteilung und ihre Eigenschaften, Darstellung der Maxwellverteilung und Mittelwerte der molekularen Geschwindigkeiten, Effusion, Mittelwert der Relativgeschwindigkeit, Berechnung der Stoßfrequenz, Anregung innerer Freiheitsgrade, Randbedingungen in verdünnten Gasen, Sprünge der Zustandsgrößen an Wänden, Wärmeleitung im stationären Fall, Hagen-Poiseuille-Strömung<br>• Aerothermodynamik: Boltzmanngleichung - Ansätze zur Lösung insbesondere Chapman-Enskog, Ableitung Euler- und Navier-Stokes-Gleichungen, numerische Lösungsansätze insb. Direct Simulation Monte Carlo. Wiedereintrittstrajektorie, Gas- und Strömungsnatur, aerothermodynamische Phänomene und Effekte, Erhaltungsgleichungen, Hochtemperatureffekte (thermochemische Relaxationen, Mehr-Temperatur-Modelle, Quellterme der Speziesgleichungen, Reaktionsschema für Hochtemperatur-Luft, Gleichgewichtskonstanten), Transportkoeffizienten, Gas-Oberflächenwechselwirkung, Gasstrahlung |
| 14. Literatur: | Umdrucke, Vorlesungsaufschrieb, Folien<br>Arnold Frohn: Einführung in die Kinetische Gastheorie, 2. Aufl. Wittwer, 2006<br>Dieter Hänel: Molekulare Gasdynamik, Springer, 2004 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448601 Vorlesung Kinetische Gastheorie<br>• 448602 Seminar Kinetische Gastheorie<br>• 448603 Vorlesung Aerothermodynamik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kinetische Gastheorie, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 56 h)<br>Kinetische Gastheorie, Übungen: 21 h (Präsenzzeit: 7 h, Selbststudium: 14 h)<br>Aerothermodynamik, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 195 h (Präsenzzeit: 63 h, Selbststudium: 132 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44861 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49660 Nichtlineare Finite Elemente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600124 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Michael Reck |
| 9. Dozenten: | Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Finite Elemente II |
| 12. Lernziele: | Nichtlineare Finite Elemente<br><br>Die Studierenden lernen anhand von geometrischen Nichtlinearitäten, wie bei einer nichtlinearen Finite-Elemente-Analyse vorgegangen wird. Mithilfe von einfachen Beispielen lernen sie, wie nichtlineare Finite Elemente hergeleitet werden und wie die nichtlinearen Modellgleichungen des Finite-Elemente-Modells gelöst werden können. |
| 13. Inhalt: | Nichtlineare Finite Elemente<br><br>• Einführung in die Tensorrechnung<br>• Einführung in die Kontinuumsmechanik<br>• Allgemeine mathematische Formulierung nichtlinearer Probleme der Mechanik<br>• Kritische Punkte und Stabilität<br>• Herleitung von geometrisch nichtlinearen Finiten Elementen<br>• Lösungsmethoden für die nichtlineare Finite-Elemente-Analyse<br>• Ausgewählte Beispiele |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ergänzende Vortragsfolien<br>Literatur:<br>H.R. Schwarz, Methode der finiten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart<br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,<br>1986<br>J. T. Oden, Finite Elements of Nonlinear Continua, McGraw-Hill, 1972<br>T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, 2000 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496601 Vorlesung Nichtlineare Finite Elemente |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49661 Nichtlineare Finite Elemente (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 37090 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600110 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Manfred Hahn |
| 9. Dozenten: | • Ioannis Doltsinis<br>• Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Grundzüge der Elastostatik, Finite Elemente |
| 12. Lernziele: | Nichtlineare Finite Elemente<br><br>Die Studierenden können mit geometrischen und werkstoffabhängigen Nichtlinearitäten umgehen und aus diesem Verständnis heraus mit nichtlinearen Aufgabenstellungen im Allgemeinen umgehen und diese grundsätzlich lösen.<br><br>Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua<br><br>Die Studierenden sind mit den Eigenheiten elastisch-plastischen Verhaltens metallischer Werkstoffe bei monotoner wie auch bei wechselnder Beanspruchung vertraut, und kennen die mathematischen Ansätze zu dessen Beschreibung.<br><br>Sie wissen, die Festigkeitsreserven der plastischen Verformung bei der Bauteildimensionierung einzuschätzen. |

Sie kennen die grundlegenden Verfahren zur Lösung elastisch-plastischer Probleme und sind in der Lage in bestimmten Fällen analytische Ansätze zu erarbeiten.

Sie sind vertraut mit der Tragfähigkeit elastisch-plastischer Systeme und beherrschen die Methoden zu deren Abschätzung bzw. Eingrenzung.

Sie wissen über Versagen bzw. Anpassung des Tragwerks bei wechselnder Belastung Bescheid und können die Bedingungen für einen sicheren Einsatz festlegen.

Sie beherrschen die grundlegenden Algorithmen elastisch-plastischer Berechnungen mit finiten Elementen, können das numerische Verhalten der Lösung wie Konvergenz, Stabilität und Genauigkeit ergründen und interpretieren. Ebenso die numerische Lösung mit Hilfe des vermittelten theoretischen Hintergrunds.

Sie kennen den Einfluss von der Temperatur sowie von der Zeit bei Werkstoffen mit viskosen Komponenten (Kriechen).

Sie wissen über die Signifikanz von endlichen Formänderungen für die Bauteilstabilität.

Sie sind mit der Modellierung von inelastischen Prozessen und mit deren numerischen Behandlung vertraut.

13. Inhalt:

Nichtlineare Finite Elemente

- Lineare und nichtlineare Berechnung
- Geometrische Nichtlinearitäten
- Nichtlineares Material
- Lagrangesche und Eulersche Formulierungen
- Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE)
- Lösungsmethoden und Stabilität (im-/explizit)
- Ausgewählte Beispiele

Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua

- Stoffverhalten und mathematische Ansätze
- Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua - Lösungsmethoden, Fallstudien
- Tragfähigkeit und ihre Abschätzung - Traglasttheoreme
- Wechselbelastung - Theorie der Anpassung
- Numerische Berechnungsverfahren - Algorithmen, numerisches Verhalten
- Einfluss von Temperatur und Zeit
- Signifikanz endlicher Formänderungen - Bauteilstabilität

Modellierung und Simulation inelastischer Prozesse

14. Literatur:

Skript zur Vorlesung

Ergänzende Vortragsfolien

Literatur:

H.R. Schwarz, Methode der finiten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart

K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,

| | |
|---|---|
| | 1986<br><br>J. T. Oden, Finite Elements of Nonlinear Continua, McGraw-Hill, 1972<br><br>T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, 2000<br><br>I. Doltsinis, Elements of Plasticity - Theory and Computation, WIT Press Southampton 2000, 2nd edition 2010<br><br>I. Doltsinis, Large Deformation Processes of Solids, WIT Press Southampton 2004 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 370901 Vorlesung Nichtlineare Finite Elemente<br>• 370902 Vorlesung und Übung Elastisch-plastische Tragwerke und Kontinua |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 37091 Nichtlineare Methoden der Tragwerksberechnung (PL), mündliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45060 Reibungsbehaftete Hyperschallströmung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110126 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die durch Reibung verursachten Phänomene und Probleme beim Reichweiten- und Kurzzeit- Hochgeschwindigkeitsflug zu verstehen und Auslegungen vornehmen zu können. |
| 13. Inhalt: | Grenzschichtgleichungen, 2. Viskosität; laminare Platten-, Kegel-, Staupunktgrenzschicht<br>(Reibungsbeiwert, Stantonzahl, Reynoldsanalogie); turbulente Platten-, Kegelgrenzschicht; Referenztemperaturmethode; Laminar-turbulente<br>Transition (Szenarien, Theorien, Vorhersage); Viskose Interaktion; Hochtemperatureffekte<br>(Vibration, Dissoziation, Nicht-/Gleichgewicht, Wärmestrom) |
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>Anderson: Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics, AIAA Education<br>Hirschel: Basics of Aerothermodynamics. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450601 Vorlesung Reibungsbehaftete Hyperschallströmung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Reibungsbehaftete Hyperschallströmung , Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45061 Reibungsbehaftete Hyperschallströmung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

19. Medienform:

20. Angeboten von:

# Modul: 45070 Reibungsfreie Hyperschallströmung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110125 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Markus Kloker |
| 9. Dozenten: | Markus Kloker |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die reibungsfreien Phänomene und Probleme beim Reichweiten- und Kurzzeit-Hochgeschwindigkeitsflug zu verstehen und Auslegungen vornehmen zu können. |
| 13. Inhalt: | Übersicht: Flugkörperformen, aerodynamische und thermische Belastung; Stoß-/Expansionsbeziehungen im Hyperschalllimit, Wellenreiterprinzip; Druckbeiwertbedeutung und- bestimmung (Newton-Methode), Ähnlichkeit (Tsien-Parameter); konische Strömung (Taylor-Maccoll-Gl.); elliptischer Kegel /Querströmungseffekte; Strömungsfeldberechnung: Prinzip Raum-/Zeitschrittverfahren; Hochtemperatureffekte |
| 14. Literatur: | Skript; weitere Lektüre:<br>Anderson: Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics, AIAA Education Hirschel: Basics of Aerothermodynamics. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 450701 Vorlesung Reibungsfreie Hyperschallströmung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45071 Reibungsfreie Hyperschallströmung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49670 Seminar Angewandte Finite Elemente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Rafael Jarzabek |
| 9. Dozenten: | Rafael Jarzabek |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden werden sich mit der Anwendung der Finiten-Elemente-Methode (FEM) vertraut machen, um verschiedene Aufgabenstellungen aus der Mechanik mit Hilfe der FEM eigenständig lösen zu können. In dem Seminar werden dabei verschiedene Themen bearbeitet, welche sich an Anwendungsfällen aus dem Umfeld der Luft- und Raumfahrt und angrenzenden Gebieten orientieren. Zusätzlich erhalten die Studierenden einen Ausblick in angrenzende Themengebiete (z.B. XFEM, FEM in der Thermodynamik,.....). |
| 13. Inhalt: | Die Veranstaltung besteht pro Unterrichtseinheits aus einer kurzen Vorlesung mit anschließender Übung, in welcher der Vorlesungsinhalt an konkreten Anwendungsfällen präsentiert wird. Die gesamte Veranstaltung wird folgende Themengebiete umfassen:<br>• Einführung die Finite-Elemente-Methode (FEM)<br>• Modellbildung<br>• FEM-Netzgeneriung<br>• Bedienmöglichkeiten eines FEM-Softwarepakets |

| | |
|---|---|
| | • Postprocessing<br>• Nichtlinearitäten (geometrische/materielle)<br>• Implizite/Explizite Rechnung<br>• Crash-Simulation |
| 14. Literatur: | Vortragsfolien + Übungsaufgaben<br><br>Literatur:<br><br>B. Klein, FEM Grundlagen und Anwendungen der Finite-Elemente-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau, 7. Auflage, 2007<br><br>E. Schrem, Vorlesungsskript: FEM-Modellbildung in der Strukturmechanik Teil 1 & 2<br><br>G. Müller & C. Groth, FEM für Pratiker - Band 1: Grundlagen, 8. Auflage, 2007<br><br>G. Müller & C. Groth & U. Stelzmann, FEM für Pratiker - Band 2: Strukturdynamik, 5. Auflage, 2007<br><br>H.R. Schwarz, Methode der finiten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart<br><br>J. T. Oden, Finite Elements of Nonlinear Continua, McGraw-Hill, 1972<br><br>K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1986<br><br>M. Hahn, Vorlesungsskript: Finite-Elemente-Methode II & III, 2013<br><br>P. Wriggers, Nichtlineare Finite-Elemente-Methoden, 2001<br><br>T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, 2000 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496701 Seminar Angewandte Finite Elemente |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49671 Seminar Angewandte Finite Elemente (PL), schriftlich und mündlich, 30 Min., Gewichtung: 1.0, Die Prüfung besteht aus 3 Semesteraufgaben, welche vorlesungsbegleitend bearbeitet und beim Prüfer abgegeben werden müssen. Zeitnah nach dem Ende der Vorlesungszeit folgt eine mündliche Abschlussprüfung (30 min). Die Gewichtung ist 40 % Semesteraufgaben und 60% mündliche Prüfung. |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen |

# Modul: 49580 Statik III

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Karsten Keller |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Einführung in die Plattentheorie<br><br>Die Studierenden können mit Platten als wichtiges Bauelement für den Ingenieur umgehen. Sie kennen die Unterschiede zwischen der dünnen Platte, die nur Biegeverformungen aufweist und der dicken Platte, in der noch zusätzlich Schubverformungen berücksichtigen werden. Die Studierenden können mit der klassischen Theorie beider Plattenmodelle umgehen und das Tragverhalten der Platte sowie die plattenspezifischen Größen wie Ersatzschubkraft und Eckenkraft bestimmen. |
| 13. Inhalt: | • Vorstellung der Theorie der dünnen Platte nach Kirchhoff<br>Differentialgleichung für die Rechteckplatte und Kreisplatte<br>• Analytische Lösung der Differentialgleichung nach Navier und Levy-Nadai<br>• Näherungslösung nach Ritz<br>• Theorie der schubweichen dicken Platte nach Reissner<br>Aufstellen der Differentialgleichung und analytische Behandlung eines Spezialfalls<br>• Einführung in die klassische Laminattheorie (CLT)<br>Durchführen der Dickenintegration und Aufstellen der Steifigkeitsbeziehung<br>mit der Kopplung von Scheibe und Platte |

| | |
|---|---|
| | • Ausbeulen der dünnen Platte<br>• Vorlesungsbegleitende Übungsbeispiele |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br><br>Ergänzende Vortragsfolien<br><br>A. Nadai: Elastische Platten, 1.Aufl., Springer Verlag, Berlin (1925)<br><br>K. Girkmann: Flächentragwerke, 5.Aufl., Springer Verlag, Wien (1959)<br><br>S. P. Timoshenko, S. Woinowski-Krieger: Theory of Plates and Shells, 2.Aufl., MacGraw-Hill Book Co., New York (1959) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 495801 Vorlesung Statik III |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49581 Statik III (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45670 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600116 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | • Karsten Keller<br>• Michael Reck |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Finite Elemente II (Diskretisierung II)<br><br>Die Studierenden erlernen die Grundlagen der Methode der Finite Elemente für die Anwendung in der Strukturmechanik im Hinblick auf Flächen- und räumliche Tragwerke. Sie können dann außerdem mit weiteren Elementmodellen zur Berechnung dieser Tragwerke umgehen. Die Studierenden sind somit mit 2D- und 3D-Formulierungen im Bereich der Finiten Elemente Methode vertraut und können diese mit theoretischem Unterbau und Verständnis anwenden.<br><br>Statik III (Einführung in die Plattentheorie)<br><br>Platten sind ein wichtiges Bauelement für den Ingenieur, das wie der Balken Belastungen über Biegung abträgt. Die Studierenden lernen die Unterschiede zwischen der dünnen Platte, die nur Biegeverformungen aufweist und der dicken Platte, in der noch zusätzlich |

Schubverformungen zu berücksichtigen sind. Sehr dünne Platten können auch ausbeulen. Die Studierenden können mit der klassischen Theorie beider Plattenmodelle umgehen und das Tragverhalten der Platte sowie die plattenspezifischen Größen wie Ersatzschubkraft und Eckenkraft bestimmen.

13. Inhalt:

- Grundlagen zur Lösung der linearen Randwertaufgabe der Elastostik mit Finiten Elementen
- Variationsprinzipe, Einfeld- und Mehrfeldprinzipe
- Erstellen der Finite Elementematrizen von Verschiebungsmodellen
- Steifigkeitsmatrix, Konvergenz
- Assemblierung des Tragwerks, Freiwertebasenwechsel
- Lösung des Gleichungssystems, Berechnung der Lagerreaktionen
- Berechnung der Eigenfrequenzen und Beullasten
- Praxisorientierte Finite Elemente
- mechanische Verhalten der Elementmodelle in Beispielen
- (Einfluss der verwendeten Integration und Elementverzerrung)

- Vorstellung der Theorie der dünnen Platte nach Kirchhoff, Differentialgleichung für die Rechteckplatte und Kreisplatte
- Analytische Lösung der Differentialgleichung nach Navier und Levy-Nadai und Näherungslösung nach Ritz
- Theorie der schubweichen dicken Platte nach Reissner, Aufstellen der Differentialgleichung und analytische Behandlung eines Spezialfalls
- Einführung in die klassische Laminattheorie. Durchführen der Dickenintegration und Aufstellen der Steifigkeitsbeziehung mit der Kopplung von Scheibe und Platte
- Ausbeulen der dünnen Platte
- Vorlesungsbegleitende Übungsbeispiele

14. Literatur:

Skript zur Vorlesung Ergänzende Vortragsfolien

Literatur zu Finite Elemente II:

H.R. Schwarz, Methode der _niten Elemente, B.G. Teubner Stuttgart.

K. J. Bathe, Finite-Element-Methoden, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1986.

T. J. R. Hughes, The Finite Element Method, Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis, Prentice-Hall International Editions.

O. C. Zienkiewicz, The Finite Element Method, Third edition, McGraw-Hill Book Company. (Deutsche Übersetzung als Hanser Fachbuch).

Literatur zur Statik III:

A. Nadai: Elastische Platten, 1.Aufl., Springer Verlag, Berlin (1925)

K. Girkmann: Flächentragwerke, 5.Aufl., Springer Verlag, Wien (1959)

S. P. Timoshenko, S. Woinowski-Krieger: Theory of Plates and Shells, 2.Aufl., MacGraw-Hill Book Co., New York (1959)

15. Lehrveranstaltungen und -formen:

- 456701 Vorlesung Diskretisierungsmethoden in der Statik und Dynamik
- 456702 Vorlesung Einführung in die Plattentheorie

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Finite Elemente II, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Statik III, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br><br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45671 Strukturmechanik und Diskretisierung in 2D/3D (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PowerPoint, Tafelanschrieb |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 49630 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Karsten Keller |
| 9. Dozenten: | Andre Haufe |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Vertiefte Kenntnisse in Mechanik und Statik |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit den Simulationsmethoden zur Abbildung strukturmechanischer Prozesse in der Kurzzeitdynamik vertraut.<br><br>Sie können die Unterschiede zur impliziten zeitintegrationsverfahren aufzeigen und die speziellen Anwendungen und Anforderungen im |

| | |
|---|---|
| | industriellen Einsatz diskutieren. Sich hieraus ergebende Anforderungen an die Modellbildung (Werkstoffmodelle, diverse Diskretisierungen, Verifikation und Validierung von Modellen) sind den Studenten bekannt.<br><br>Der Einfluss von Diskretisierungsgrößen wie z.B. Zeitschrittgröße oder Elementgröße auf die Qualität und Belastbarkeit von Berechnungsergebnisse sind verstanden.<br><br>Die Studierenden kennen die Anforderungen an die Simulation aus Industriesicht. |
| 13. Inhalt: | • Einführung und Übersicht aktueller Anwendungen für explizite Zeitintegrationsverfahren in der FEM<br>• Zeitintegration & Diskretisierung mit Finiten Elementen / Unterschiede zu Impliziten Verfahren<br>• Effekte materieller Nichtlinearitäten der FEM im Industrieeinsatz<br>• Gebräuchliche Materialformulierungen und Implementierung<br>• Modelltechnik und -aufbau großer Impaktmodelle (z.B. Crashmodelle)<br>• Fluid-Struktur-Interaktion für explizite Zeitintegration (Airbag-Entfaltung)<br>• Validierung und Verifikation von Berechnungsmodellen in der Industriepraxis |
| 14. Literatur: | Belytschko, T., Liu, W.K., Moran, B.: Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, Jpohn Wiley & Sons, LTD, ISBN 0-471-98773-5 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 496301 Vorlesung Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 49631 Theorie und Anwendung expliziter FE-Simulationsmethoden (BSL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45280 Thermodynamik der Gemische

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700305 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Karsten Meier |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Bedingungen für das thermodynamische Gleichgewicht.<br>• Die Studierenden können Zustandsgleichungen für Gemische formulieren.<br>• Die Studierenden können Phasendiagramme interpretieren.<br>• Die Studierenden können Phasengleichgewichte berechnen. |
| 13. Inhalt: | • Bedingungen für das thermodynamisches Gleichgewicht<br>• Chemisches Potenzial<br>• Mischungsgrößen<br>• Fugazitätskoeffizientenansatz<br>• Zustandgleichungen für Gemische<br>• Aktivitätskoeffizientenansatz<br>• GE-Modelle<br>• Gibbs'sche Phasenregel, Phasendiagramme<br>• Phasengleichgewichtsberechnung |
| 14. Literatur: | H.D. Baehr, S. Kabelac: Thermodynamik, 15. Auflage, Springer, Berlin, 2012<br>J.P. O'Connell, J.M. Haile: Thermodynamics, Cambridge University Press, 2005 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 452801 Vorlesung Thermodynamik der Gemische |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h) |

| | |
|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45281 Thermodynamik der Gemische (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Projektor, Tafel, Präsentation, Blockveranstaltung |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 45320 Turbulenz

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060110152 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Apl. Prof. Ulrich Rist |
| 9. Dozenten: | • Ulrich Rist<br>• Peter Gerlinger<br>• Grazia Lamanna<br>• Sebastian Spring |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen:<br>• die theoretischen Grundlagen zur Beschreibung turbulenter Strömungen<br>• Modellierungsansätze (Wirbelviskositätsmodelle, Reynolds-Spannungsmodelle)<br>• die Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS<br>• Anwendungsbeispiele mit CFD<br><br>• ausgewählte Turbulenzmodelle und Transportgleichungsmodelle<br>• Large-Eddy Simulation und hybride Verfahren<br>• turbulente Mischung und Verbrennung<br><br>• Fragen der Validierung und Implementierung<br>• typische Anwendungsergebnisse |
| 13. Inhalt: | I. |

| | |
|---|---|
| | • Einführung in die Turbulenz<br>• Statistische Beschreibung der Turbulenz<br>• Schließungsproblem<br>• Hierarchie RANS, URANS, DES, LES, DNS<br>• Klassische Turbulenzmodelle: Überblick<br><br>II.<br><br>• algebraische Modelle<br>• Ein- und Zweigleichungsmodelle<br>• Reynolds-Stress-Modelle<br>• Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion<br>• Grobstruktursimulation |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung<br>Ferziger, Peric: Computational fluid dynamics<br>David C. Wilcox: Turbulence Modeling for CFD<br><br>John L. Lumley, First Course of Turbulence<br>Stephen B. Pope, Turbulent Flows |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453201 Vorlesung Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• 453202 Tutorium Grundlagen der Turbulenzmodellierung<br>• 453203 Vorlesung Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle<br>• 453204 Tutorium Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Grundlagen der Turbulenzmodellierung, Vorlesung: 105 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 70 h)<br>Angewandte/ausgewählte Turbulenzmodelle, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br><br>Gesamt: 195 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 125 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45321 Turbulenz (PL), mündliche Prüfung, 40 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45330 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700200 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Bernhard Weigand |
| 9. Dozenten: | Rainer Walther |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Antriebs- und Energiesysteme in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die Funktionsweise der Flugtriebwerks-Brennkammer und -Nachverbrennung<br>• Die Studierenden verstehen die physikalisch-chemischen Ursachen der Schadstoffbildung<br>• Die Studierenden kennen Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Schadstoffreduzierung<br>• Die Studierenden können die aerothermodynamischen Eigenschaften von Strömungen mit Wärmefreisetzung bewerten |
| 13. Inhalt: | • Brennkammern in Flugtriebwerken und ihre Funktionsweise<br>• Schadstoffbildung in Brennkammern<br>• Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung<br>• Atmosphärenwirkung luftfahrtbedingter Emissionen<br>• Strömungen mit Wärmefreisetzung, Beispiele von Staustrahlantrieben<br>• Alternative Brennstoffe |
| 14. Literatur: | A.H. Lefebvre: Gas Turbine Combustion<br>E. Curran, S.N.B. Murthy: Scramjet Propulsion |

| | |
|---|---|
| | R. Walther: Scramjet-Propulsion: Alte Herausforderung im neuen Jahrhundert?<br>DGLR-Jahrestagung 2004<br>D.L. Dagett et al.: Alternate Fuels for Use in Commercial Aircraft, ISABE-2007-1196 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 453301 Vorlesung Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I<br>• 453302 Vorlesung Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt I, Vorlesung: 112 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 84 h)<br>Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt II, Vorlesung: 56 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 42 h)<br>Gesamt: 168 h (Präsenzzeit 42 h, Selbststudium 126 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45331 Verbrennungsprobleme der Luft- und Raumfahrt (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# 218 Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung

Zugeordnete Module:
- 2181 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung
- 2182 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung
- 57160 Strukturdynamik

# 2181 Pflichtmodule der Spezialisierungsrichtung

# Modul: 57160 Strukturdynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060513111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Experimentelle und numerische Simulationsmethoden in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Materialien, Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br><br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |

M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014
→ Wahlpflichtmodule

11. Empfohlene Voraussetzungen:

12. Lernziele:

Die Studierenden

- kennen die wichtigsten Kriterien und Grenzen für die Modellbildung in der Strukturdynamik,
- können Freiheitsgrade und kinematische Bindungen identifizieren und in unterschiedlichen Koordinatensystemen beschreiben,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Mehrkörper-Systeme aufstellen, linearisieren und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen eindimensionaler Kontinua aufstellen und lösen,
- können die Bewegungsgleichungen einfacher Finite-Elemente-Modelle aufstellen und lösen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit einem Freiheitsgrad berechnen,
- können freie und zwangserregte Schwingungen an Systemen mit mehreren Freiheitsgraden berechnen,
- kennen das Verfahren der Modalanalyse mit und ohne Dämpfung,
- besitzen Grundkenntnisse für den Umgang mit einfachen dynamischen Finite-Elemente-Modellen.

13. Inhalt:

**Veranstaltung Dynamik I:**
- Modellierung, Freiheitsgrade und Kinematik bei Mehrkörpersystemen,
- Prinzip von d' Alembert, Prinzip der virtuellen Verschiebungen in der Dynamik,
- Aufstellung von Bewegungsgleichungen bei Mehrkörpersystemen,
- Linearisierung von Bewegungsgleichungen,
- Einheitsverschiebungsgesetz in der Dynamik,
- Lineare Systeme mit einem Freiheitsgrad,
- Freie und erzwungene gedämpfte Schwingungen (harmon., period-, stoßartige Erregung).

**Veranstaltung Dynamik II:**
- Eigenwertanalyse bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- freie und erzwungene Schwingungen bei Mehrfreiheitsgradsystemen,
- starre Bewegungsmöglichkeiten,
- Modalanalyse,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua und deren analytische Lösung,
- Bewegungsgleichungen einfacher Kontinua mit Finite-Elemente-Modellen,
- Dehnstab, Biegestab, Torsionsstab.

14. Literatur:


- Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2002
- Hamel, G.: Theoretische Mechanik. Berlin [u.a.] : Springer, 1978
- Hagedorn, P. ; Otterbein, S.: Technische Schwingungslehre. Band 1. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1987
- Hagedorn, P.: Technische Schwingungslehre. Band 2, Berlin ; Heidelberg : Springer, 1989
- Schiehlen, W. ; Eberhard, P.: Technische Dynamik. 2. Aufl. Stuttgart [u.a.] : Teubner, 2004
- Skript
- zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen


15. Lehrveranstaltungen und -formen:

- 571601 Vorlesung Dynamik 1
- 571602 Vorlesung Dynamik 2

| | |
|---|---|
| | • 571701 Vorlesung Einführung in die Finite-Elemente-Methode |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Dynamik I, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Dynamik II, Vorlesung mit Übungen: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudium 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57161 Strukturdynamik (PL), schriftliche Prüfung, 80 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | 44830 Mechanische Systeme |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint, Kurzvideos, kleine Experimente |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# 2182 Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung

Zugeordnete Module:

44130 Astronautik
44150 Bahnmechanik für Raumfahrzeuge
44180 Chemische Raumfahrtantriebe I
44190 Chemische Raumfahrtantriebe: ausgewählte Kapitel
44340 Elektrische Raumfahrtantriebe
44350 Energiesysteme für die Raumfahrt
44380 Experimentelle Simulation des Wiedereintritts
44400 Fernerkundung
44600 Kinetische Gastheorie
44610 Kleinsatellitenentwurf
44700 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt
44830 Mechanische Systeme
44860 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen
44980 Plasmatechnik
45020 Raumfahrtinstrumente
45030 Raumfahrttechnik II
45040 Raumsonden
45100 Satellitenbetrieb
45110 Satelliteninstrumente
45120 Satellitennavigation
45130 Satellitenregelung
45260 Systemsimulation in der Satellitenentwicklung
45370 Weltraumqualifikation
45410 Wiedereintrittstechnologie
48700 Weltraumstrahlung
56080 Ausgewählte Praktika in der Raumfahrt
57690 Raketentreibstoffe

# Modul: 44130 Astronautik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500115 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | unregelmäßig |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Ernst Messerschmid<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten haben einen vertieften Einblick in die Subsysteme einer Raumstation, deren Nutzung und Auslegungsaspekte unter den besonderen Anforderungen eines bemannten Systems. Sie kennen die Motivationen und den Umsetzungsverlauf von Missionen der bemannten Erforschung im Weltraum.<br>Dies schließt Raumstationen im niedrigen Erdorbit und Explorationsmissionen darüber hinaus mit ein. Die Studenten sind mit dem konzeptionellen Vorentwurf und den Werkzeugen des Systems Engineering auf diesem Niveau vertraut. |
| 13. Inhalt: | • Historische, aktuelle und zukünftige Missionen<br>• Motivation und Ziele der bemannten Exploration<br>• Subsysteme eines Raumfahrzeugs bzw. einer Raumstation und Raumtransportelemente<br>• Systems Engineering<br>• Risikoanalyse<br>• Human Factors<br>• Orbitmechanik |
| 14. Literatur: | Buch „Raumstationen" bzw. „Space Stations" (Autor Ernst Messerschmid, Reinhold Bertrand), Vorlesungsfolien, Skript |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441301 Vorlesung Raumstationen - Systeme und Nutzung<br>• 441302 Vorlesung Astronautics and Space Exploration |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Raumstationen - Systeme und Nutzung, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 42 h)<br>Astronautics and Space Exploration, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium:42 h)<br>Praktikum und Training zu Rendezvous und Docking an Raumstationen: 16 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 2 h)<br>Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt: 24 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 10 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 84 h, Selbststudium: 96 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44131 Astronautik (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 56080 Ausgewählte Praktika in der Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500200 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | unregelmäßig |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Stefan Belz<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden wissen beispielhaft anhand von zwei Praktika, die aus 3 Angeboten zu wählen sind, wie raumfahrtspezifische Grundlagen angewandt werden und können sich nach Vorgaben selbstständig darauf vorbereiten. Die Studierenden können am Ende den Umgang und das Verhalten der betrachteten technischen Systeme erklären und bewerten bzw. haben anwendungsbezogene Kenntnisse der objektorientierten Programmierung. |
| 13. Inhalt: | 2 aus 3 der angebotenen Praktika:<br>• Praktikum und Training zu Rendezvous und Docking an Raumstationen:<br>Im Rahmen des Praktikums lernen die Studierenden anhand des Sojus-Raumflugsimulators den praktischen Betrieb und Bedienung |

| | |
|---|---|
| | eines Raumschiffes während verschiedener Flugmanöver kennen. Zunächst wird das im Studium erworbene Wissen über Bahnmechanik vertieft und erweitert. Es werden detaillierte Informationen zum Sojus-Raumschiff und seinen Systemen vermittelt. Unter Anleitung wird das erworbene Wissen anschließend in individuellen Trainingseinheiten am Simulator praktisch umgesetzt. Es wird der Umgang mit üblichen komplexen Prozeduren trainiert und dabei die audiovisuelle Wahrnehmung, das räumliche Vorstellungsvermögen und die motorischen Fähigkeiten verbessert.<br><br>• Programmieren eines Raumfahrzeugs für den Soyuz Simulator: Im Rahmen einer Gruppenarbeit werden die Studierenden an die Programmierung mit C++ herangeführt. Im Laufe der Veranstaltung entwickeln die Teilnehmer in Kleingruppen eigenständig ein Raumfahrzeug für die Software Orbiter Spaceflight-Simulator und erhalten abschließend die Gelegenheit, ihr Fahrzeug im Soyuz Simulator zu testen.<br><br>• Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt: In diesem Praktikum bereiten die Studierenden autodidaktisch verschiedene Experimente zum praktischen Umgang mit Brennstoffzellen und Festkörperelektrolyt-Sensoren vor, führen diese durch und werten die Ergebnisse aus. Während der Vor- und Nachbereitungszeit werden Sprechstunden mit den Dozenten angeboten. |
| 14. Literatur: | Praktikumsunterlagen<br>(werden bei der Einführungsveranstaltung verteilt) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 560801 Praktikum und Training zu Rendezvous und Docking an Raumstationen<br>• 560802 Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Praktikum und Training zu Rendezvous und Docking an Raumstationen: 45 h (Präsenzzeit: 20 h, Selbststudium: 25 h)<br><br>Praktikum zum Programmieren eines Raumfahrzeugs für den Soyuz Simulator: 45 h (Präsenzzeit: 15 h, Selbststudium: 30 h)<br><br>Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt: 45 h (Präsenzzeit: 15 h, Selbststudium: 30 h)<br><br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 30-35 h, Selbststudium: 50-55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 56081 Ausgewählte Praktika in der Raumfahrt (BSL), mündliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Soyuz-Simulator, Experimentelle Komponenten für Praktika |
| 20. Angeboten von: | Institut für Raumfahrtsysteme |

# Modul: 44150 Bahnmechanik für Raumfahrzeuge

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500116 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse über die verschiedenen bahnmechanischen Aspekte in der Raumfahrttechnik. Sie kennen die verschiedenen Störeinflüsse und können ihre Auswirkungen auf Satellitenbahnen abschätzen. Sie kennen besonders ausgezeichnete Bahnen für spezielle Raumfahrtanwendungen und können den benötigten Antriebsbedarf zum Erreichen dieser Bahnen für verschiedene Szenarien abschätzen. Sie wissen wie prinzipiell aus einfachen Beobachtungen die Bahnelemente bestimmt werden. Außerdem kennen sie die gängigsten Methoden, die in Computerprogrammen für bahnmechanische Rechnungen implementiert sind. |
| 13. Inhalt: | • Einleitung, Definitionen und Konstanten<br>• Bewegungsgleichung (Zwei-Körper-Problem , Dreikörper- und n-Körper-Problem, Darstellung von Satellitenbahnen - Bahnelemente) |

| | |
|---|---|
| | • Grundlegende Anwendungen (Keplergleichungen für elliptische, parabolische und hyperbolische Bahnen, Positionsvektoren Sonne, Mond und Planeten, Sonnenaufgang und -untergang, Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse von Satelliten<br>• Lösungen der Keplergleichung (elliptische parabolische und hyperbolische Bahnen, Schattenphasen von Satelliten)<br>• Bestimmung von Bahnelementen aus Beobachtungen (Beobachtungstransformationen, Datenaufnahme)<br>• Störungen der Keplerbewegung (Lösungsansätze auf der Basis der Bewegungsgleichung, Variation der Bahnelemente, Störungen durch Gravitationspotential, Restatmosphäre, Drittkörper, solaren Strahlungsdruck, relativistische Störung)<br>• Manöver zur Bahnänderung (planare und nicht-planare Manöver , Startfenster, kombinierte Manöver , Rendezvous- und Andockmanöver Bahnen mit endlichen Schubphasen, Gravity-Assist)<br>• Bahnmechanik in der Missionsauslegung (Orbit Design Prozess, Erdabdeckung , Sonnensynchrone Bahnen, Bahnen mit sich wiederholender Bodenspur, etc.)<br>• Interplanetare Bahnen (Mondbahnen, Marsbahnen, etc. ) |
| 14. Literatur: | • S. Fasoulas: Manuskript zur Vorlesung Bahnmechanik für Raumfahrzeuge, jährlich aktualisiert<br>• ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441501 Vorlesung Bahnmechanik für Raumfahrzeuge<br>• 441502 Praktikum zur Bahnmechanik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Bahnmechanik für Raumfahrzeuge, Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 42 h)<br>Praktikum zur Bahnmechanik: 20 h (Präsenzzeit: 7 h, Selbststudium: 13 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 35 h, Selbststudium: 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44151 Bahnmechanik für Raumfahrzeuge (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44180 Chemische Raumfahrtantriebe I

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500102 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefan Schlechtriem |
| 9. Dozenten: | Stefan Schlechtriem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben vertiefende Kenntnisse der chemischen Raumfahrtantriebe. Sie können die Betriebszyklen von Raketentriebwerken unterscheiden sowie interpretieren und kennen den Einfluss wesentlicher Geometrie-, Treibstoff- und Prozessparameter auf ihre Leistung. Sie wissen, wie sich durch Änderungen der Treibstoffkombination die Triebwerkseigenschaften beeinflussen lassen, z.B. im Hinblick auf die Treibstoffförderung und - aufbereitung, die Zündung oder die Verbrennung. Sie kennen die wesentlichen Komponenten und Leistungskennzahlen eines Triebwerks und können die Komponenten für vorgegebene Betriebszyklen und Triebwerksleistungen auslegen. |
| 13. Inhalt: | • Triebwerksprozesse und -komponenten von Flüssigkeitsantrieben<br>• Treibstoffarten und Treibstoffförderung<br>• Treibstoffeinspritzung und -aufbereitung, Zündung |

| | |
|---|---|
| | • Treibstoffumsetzung und Verbrennungsinstabilitäten<br>• Wärmelasten und Kühlung, Wandmaterialien und Bauweisen<br>• Düsenströmung<br>• Betriebszyklen von Triebwerken |
| 14. Literatur: | Skripte zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 441801 Vorlesung Chemische Raumfahrtantriebe I<br>• 441802 Übungen Chemische Raumfahrtantriebe I |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Chemische Raumfahrtantriebe I, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h,Selbststudium: 32 h)<br>Chemische Raumfahrtantriebe I, Übungen: 30 h (Präsenzzeit: 14 h,Selbststudium: 16 h)<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 32 h, Selbststudium: 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44181 Chemische Raumfahrtantriebe I (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44190 Chemische Raumfahrtantriebe: ausgewählte Kapitel

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500103 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Nach Ankuendigung |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefan Schlechtriem |
| 9. Dozenten: | Stefan Schlechtriem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Erfolgreicher Abschluss des Moduls<br>Chemische Raumfahrtantriebe I (060500102) wünschenswert, jedoch nicht Voraussetzung |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen im Einsatz befindliche Triebwerke und deren Komponenten, ihre jeweiligen Leistungs- und Belastungsgrenzen sowie die Gründe für diese Grenzen. Sie wissen welche wesentlichen thermischen, fluiddynamischen, mechanischen und verfahrenstechnischen Grundlagen bzw. Randbedingungen bei der Auslegung und Herstellung der Komponenten von realen Triebwerken beachtet werden müssen. Sie kennen die Verbindung zwischen den Komponenten und wissen, wie sich Änderungen auf das Gesamtsystem eines Triebwerks auswirken. Sie kennen die wesentlichen Bauweisen / Werkstoffe zur Herstellung der Triebwerkskomponenten und können sie Triebwerken zuordnen. |
| 13. Inhalt: | • Überblick Raumtransportsysteme und Landetechnologien |

| | |
|---|---|
| | • Überblick Feststoffantriebe und Flüssigtreibstofftriebwerke<br>• Europäische und russische Träger und Triebwerkssysteme<br>• Aspekte zur Auslegung von Turbomaschinen<br>• Schubkammeraufbau, Materialien und Produktion<br>• Strukturmechanische Aspekte im Triebwerksdesign |
| 14. Literatur: | Skripte zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 441901 Vorlesung Chemische Raumfahrtantriebe II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit: 28 h,Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44191 Chemische Raumfahrtantriebe: ausgewählte Kapitel (BSL), schriftlich oder mündlich, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44340 Elektrische Raumfahrtantriebe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500104 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Georg Heinrich Herdrich |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse der elektrischen und unkonventionellen Raumfahrtantriebe. Sie kennen die physikalischen Grundlagen für ihren Betrieb und können die Betriebsparameter unterscheiden sowie interpretieren. Sie kennen den Einfluss wesentlicher Geometrie-, Treibstoff- und Prozessparameter auf ihre Leistung. Sie kennen die wesentlichen Komponenten und Leistungskennzahlen eines Triebwerks und können die Komponenten auslegen. Sie kennen im Einsatz befindliche Triebwerke und deren Komponenten, ihre jeweiligen Leistungs- und Belastungsgrenzen sowie die Gründe für diese Grenzen. Sie wissen, wie derartige Triebwerke für den realen Einsatz qualifiziert werden. |
| 13. Inhalt: | • Geschichte elektrischer Antriebe, Überblick durchgeführte Missionen<br>• Allgemeine Grundlagen von Raketen mit einer vom Treibstoff getrennten Energiequelle, widerstandsbeheizte Triebwerke |

| | |
|---|---|
| | • Grundlagen für Lichtbogen- und magnetoplasmadynamische Triebwerke<br>• Grundlagen für elektrostatische Triebwerke<br>• Vorstellung verschiedener realisierter Triebwerke<br>• Qualifikation elektrischer Raumfahrtantriebe (Anforderungen, Bodentestanlagen, Vakuumsysteme, Schubbestimmung, etc.)<br>• Überblick unkonventioneller Raumfahrtantriebe<br>• Vorstellung verschiedener unkonventioneller Triebwerkskonzepte, deren physikalische Grundlagen sowie deren Entwicklungsstand |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 443401 Vorlesung Elektrische und unkonventionelle Raumfahrtantriebe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h(Präsenzzeit: 35 h, Selbststudium: 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44341 Elektrische Raumfahrtantriebe (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44350 Energiesysteme für die Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500107 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Stefan Belz<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Am Ende des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die physikalischen Grundlagen der in der Raumfahrt eingesetzten bzw. für einen Einsatz diskutierten Energiesysteme zu verstehen, zu unterscheiden und zu bewerten. Sie besitzen Grundkenntnisse über die vorherrschenden Energiesysteme sowie über die wichtigsten Randbedingungen zu ihrer Auslegung, insbesondere auch im Vergleich zu terrestrischen Anwendungen. |
| 13. Inhalt: | In diesem Modul werden mögliche Energiesysteme für die Raumfahrt vorgestellt, mit einem Schwerpunkt in der Energiewandlung und -speicherung. Einzelthemen behandeln die Konfiguration eines Energiesystems, Grundlagen der Kernspaltung und -fusion, Radioisotopengeneratoren, Kernreaktoren, |

| | |
|---|---|
| | thermoelektrische / thermoionische / thermo-photovoltaische Wandler, photovoltaische und solardynamische Wandler, chemische Batterien und Akkumulatoren, Brennstoff- und Elektrolysezellen, Gesamtsystembetrachtungen. Ergänzt wird die Vorlesung durch zugehörige Übungen. |
| 14. Literatur: | S. Fasoulas, Manuskript zur Vorlesung Energiesysteme, jährlich aktualisiert<br>ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 443501 Vorlesung Energiesysteme für die Raumfahrt<br>• 443502 Übung Energiesysteme für die Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 42 h, Selbststudium: 48 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44351 Energiesysteme für die Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44380 Experimentelle Simulation des Wiedereintritts

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500114 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 6.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Stefan Löhle |
| 9. Dozenten: | • Stefan Löhle<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Am Ende des Moduls haben die Studierenden einen vertieften Überblick über die typischen Messverfahren für hochenergetische Strömungen, wie sie insbesondere für die Charakterisierung von Wiedereintrittsströmungen oder auch für elektrische Raumfahrtantriebe eingesetzt werden. Sie kennen das Einsatzpotenzial und die -grenzen, können die eintretenden Messfehler beurteilen und geeignete Verfahren für einen spezifischen Fall bewerten sowie auswählen. Anhand von Laborveranstaltungen und Praktikas besitzen die Studierenden auch grundlegende praktische Erfahrungen einzelner Messverfahren. |
| 13. Inhalt: | • Einleitung, Grundlagen der Messtechnik (Druck, Temperatur, Massenflüsse, Strahlung, etc.<br>• Mechanische Sonden für hochenergetische Strömungen (Totaldruck-, Wärmestromdichte-, Enthalpiesonden)<br>• Massenspektrometrie<br>• Langmuirsonden<br>• Aktive und passive spektroskopische Verfahren (Pyrometrie, Radiometrie, Emissionsspektroskopie, Laserdiagnostik, etc.) |
| 14. Literatur: | S. Löhle et al.: Manuskript zur Vorlesung Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, jährlich aktualisiert<br>ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 443801 Vorlesung Messverfahren für hochenthalpe Strömungen<br>• 443802 Praktikum Messverfahren für hochenthalpe Strömungen<br>• 443803 Praktikum Labor Mini-PWK |

| | |
|---|---|
| | • 443804 Praktikum Vakuumpraktikum |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h),<br>Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, Praktikum: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h),<br>Labor Mini-PWK, Praktikum: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h),<br>Vakuumpraktikum: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Praktikum zu Brennstoffzellen und Sensorik in der Raumfahrt: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 84 h, Selbststudium: 104 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44381 Experimentelle Simulation des Wiedereintritts (PL), mündliche Prüfung, 30 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44400 Fernerkundung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062000301 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Nicolaas Sneeuw |
| 9. Dozenten: | • Dieter Fritsch<br>• Nicolaas Sneeuw |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden verstehen durch das Teilmodul „Erderkundung" die fundamentale Rolle von Geoid und Schwerefeld in erdwissenschaftlichen Disziplinen. Sie können einschätzen, wann, wie und wo die Methodik der raumgestützte Geodäsie in aktuellen praktischen Fragestellungen eingesetzt wird. Sie verstehen die Messprinzipien und Datenprozessierung hinter aktuellen geodätischen Satellitenmissionen. Die Studierenden können nach erfolgreichem Abschluss des Teilmoduls „Optische Fernerkundung" den Einsatz von optischen Fernerkundungssystemen (Digitale Kameras auf Flugzeugen, Satelliten und UAVs ) sowie flugkörpergetragenes Laser Scanning planen, die erfassten Daten prozessieren und Genauigkeitsabschätzungen durchführen. |
| 13. Inhalt: | • Geschichte der Geodäsie<br>• Modelle der Erde (Kugel, Ellipsoid, Geoid)<br>• Gravitation und Schwere<br>• Messmethoden der Geodäsie sowie geodätische Raumverfahren<br>• Satellitenaltimetrie und -gravimetrie<br>• Anwendungen der Geodäsie in den Erdwissenschaften<br>• Einführung in die optische Datenerfassung (Photogrammetrie)<br>• mathematische Modelle zwischen Bild- und Objektraum<br>• Bildflugplanung am Flugsimulator, Bündelblockausgleichung<br>• Kalibration von photographischen Sensoren, Landnutzungsklassifikation<br>• Einführung in Laser Scanning<br>• Integration von DGPS/INS-Beobachtungen |

| | |
|---|---|
| | • Auswertung/Georeferenzierung von Punktwolken<br>• Kalibration von Laser Scannern<br>• Ausblick auf Veredelung von Punktwolken (Stadmodelle, Vegetationsmodelle,<br>Digitales Oberflächenmodell, Digitales Geländemodell) |
| 14. Literatur: | • Skripten, Matlab<br>• Torge, W. (2003) Geodäsie. De Gruyter, Berlin (2. Aufl.)<br>• Seeber, G (1999) Satellitengeodäsie, De Gruyter, Berlin<br>• Albertz J (2001), Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern, Wissenschaftliche<br>• Karl Kraus (2004) Photogrammetrie de Gruyter<br>• Thomas Luhmann (2003) Nahbereichsphotogrammetrie, Wichmann |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 444001 Vorlesung Erderkundung<br>• 444002 Vorlesung Optische Fernerkundung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Erderkundung, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudiumszeit 62 h)<br>Optische Fernerkundung, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudiumszeit 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 56 h, Selbststudiumszeit 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44401 Fernerkundung (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44600 Kinetische Gastheorie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060700163 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jens Wolfersdorf |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die gaskinetischen Gebiete und können diese anhand thermodynamischer Parameter unterscheiden.<br>• Die Studierenden kennen die mikroskopischen Definitionen von Zustandsgrößen und deren mathematische Darstellung. |

| | |
|---|---|
| | • Die Studierenden verstehen das unterschiedliche Stoffverhalten von idealen Gasen in den gaskinetischen Gebieten.<br>• Die Studierenden können gaskinetische Effekte bei Anwendungen der Luft- und Raumfahrttechnik bewerten und den Gültigkeitsbereich von Kontinuumsverfahren einschätzen. |
| 13. Inhalt: | • Aufgaben und Methoden der Kinetischen Gastheorie, Verteilungsfunktion und makroskopische Zustandsgrößen, Beschreibung von Gasgemischen<br>• Molekulare Geschwindigkeitsverteilung, Stoßfrequenz, Transporteigenschaften in mäßig verdünnten Gasen und in stark verdünnten Gasen<br>• Die Maxwellverteilung und ihre Eigenschaften, Darstellung der Maxwellverteilung und Mittelwerte der molekularen Geschwindigkeiten, Effusion, Mittelwert der Relativgeschwindigkeit, Berechnung der Stoßfrequenz, Anregung innerer Freiheitsgrade<br>• Randbedingungen in verdünnten Gasen, Sprünge der Zustandsgrößen an Wänden, Wärmeleitung im stationären Fall, Hagen-Poiseuille-Strömung<br>• Boltzmanngleichung, Ansätze zur Lösung insb. Chapman-Enskog, Ableitung Euler- und Navier-Stokes-Gleichungen, numerische Lösungsansätze insb. Direct Simulation Monte Carlo |
| 14. Literatur: | Umdrucke, Vorlesungsaufschrieb, Folien<br>Arnold Frohn: Einführung in die Kinetische Gastheorie, 2. Aufl. Wittwer, 2006<br>Dieter Hänel: Molekulare Gasdynamik, Springer, 2004 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446001 Vorlesung Kinetische Gastheorie<br>• 446002 Übung Kinetische Gastheorie<br>• 446003 Tutorium Kinetische Gastheorie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kinetische Gastheorie, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 56 h)<br>Kinetische Gastheorie, Übungen: 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Kinetische Gastheorie, Seminar (freiwillig): 21 h (Präsenzzeit 7 h, Selbststudium 14 h)<br>Gesamt: 105h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 70 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44601 Kinetische Gastheorie (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesungsaufschrieb, Projektor, Tafel, Folienpräsentation |
| 20. Angeboten von: | Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt |

# Modul: 44610 Kleinsatellitenentwurf

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500105 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | Hans-Peter Röser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Entwurf, Auslegung und Bau von Luft- und Raumfahrzeugen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studierende verfügen über das grundlegende Wissen für die Entwicklung, den Bau und die Verifikation eines Kleinsatelliten. Sie kennen die Potentiale und Grenzen kleiner Satelliten. Weiterhin verfügen die Studenten über die Fähigkeit zur Auslegung der Nutzlast und des Satellitenbusses. Dies umfasst detaillierte Kenntnisse über die Satellitenstruktur, das Thermalsystem, das Lageregelungssystem sowie die Satellitenelektronik. Die Studenten besitzen die Fähigkeit, Basissimulationen der Kleinsatellitenentwicklung eigenständig durchzuführen |
| 13. Inhalt: | Vorlesung Kleinsatellitenentwurf:<br>• Grundlagen der Kleinsatellitenentwicklung<br>• Kleinsatellitenstrukturen<br>• Entwicklung des Thermalkontrollsystems<br>• Entwicklung des Lageregelungssystem<br>• Elektrische Architekturen und Leistungselektroniken für Kleinsatelliten<br>• Einführung in das Projektmanagement<br>• Kleinsatellitensysteme anhand von Satellitenbeispiele |

| | |
|---|---|
| | Praktikum Kleinsatellitenentwurf<br>• Durchführung von Machbarkeitsuntersuchen an einer gegebenen Satellitenmission<br>• Ermittlung der Systembudgets<br>• Grundlegende Auslegung der Nutzlast und des Satellitenbusses<br>• Präsentation der Ergebnisse<br><br>Seminar Kleinsatellitenentwurf<br><br>• Orbitanalysen von Kleinsatelliten<br>• Thermische Analyse von Kleinsatelliten<br>• Mechanischen Analyse von Kleinsatelliten |
| 14. Literatur: | Skripte zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 446101 Vorlesung Kleinsatellitenentwurf<br>• 446102 Seminar Kleinsatellitenentwurf<br>• 446103 Praktikum Kleinsatellitenentwurf |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kleinsatellitenentwurf, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h)<br>Kleinsatellitenentwurf, Seminar: 30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Kleinsatellitenentwurf, Praktikum: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44611 Kleinsatellitenentwurf (PL), schriftlich oder mündlich, Gewichtung: 1.0, Vorlesung Kleinsatellitenentwurf: schriftlich (60min) oder mündlich (20min); Wichtung: 34% Seminar und Praktikum Kleinsatellitenentwurf: Projektarbeit; Wichtung 66% |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44700 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062000303 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Nicolaas Sneeuw |
| 9. Dozenten: | Nicolaas Sneeuw |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Informationstechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Am Ende der LV ist der Studierende in der Lage, die in der Luft- und Raumfahrt und für die Geodäsie fundamentalen Begriffe Bezugssystem und Bezugsrahmen und ihre Festlegung zu verstehen, zu unterscheiden und einzusetzen. Er hat ein Grundverständnis für die den Transformationen zugrunde liegenden physikalischen Ursachen und |

| | |
|---|---|
| | ihrer Einflüsse auf die Festlegung raumfester, erdfester und bewegter Bezugssysteme. Ebenso ist er in der Lage, selbstständig die Korrekturen für Präzession, Nutation, Polbewegung zu ermitteln und die präzise Transformation zwischen raumfesten und erdfesten Bezugsrahmen in der Praxis durchzuführen. Er besitzt Grundkenntnisse über die in Deutschland vorherrschenden legalen Kartenkoordinaten (Gauß-Krüger und UTM) und beherrscht die in der Raumfahrt und Satellitengeodäsie verwendeten Zeitskalen und Zeitsysteme. |
| 13. Inhalt: | • Geodätische Koordinaten und -systeme (3D) sowie deren Transformation: kartesische Systeme, krummlinige Systeme (sphärisch, ellipsoidisch);<br>• Einführung Kartenkoordinaten(systeme);<br>• Drehmomente, -kräfte, -tensor, Kinematik und Dynamik im rotierenden System<br>• konventionelle Referenzsysteme und -rahmen<br>• Erdrotation, Präzession, Nutation, Polbewegung<br>• Tisserand-Prinzip, no net rotation, globale und regionale Netze<br>• Zeit und Zeitsysteme: Auf der Erdrotation gegründete Zeitsysteme, Zeitsysteme der Himmelsmechanik, Atomzeitsysteme; |
| 14. Literatur: | Seeber, Satellite geodesy, de Gryuter, 2003<br>Vorlesungsskript |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 447001 Vorlesung Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudiumszeit 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44701 Koordinaten- und Zeitsysteme in der Geodäsie, Luft- und Raumfahrt (BSL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44830 Mechanische Systeme

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Jörg Wagner |
| 9. Dozenten: | Jörg Wagner |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden<br>- kennen die wichtigsten Kriterien zur Klassifizierung, Analyse und Stabilität<br>mechanischer Systeme,<br>- kennen die wichtigsten rheologischen Systemansätze zu Beschreibung von |

| | |
|---|---|
| | Materialdämpfung und Hysterese,<br>- können mechanische Systeme mit beliebiger Dämpfungsmatrix analysieren,<br>- können passive Schwingungstilgersysteme analysieren und auslegen und<br>kennen die Grundlagen für semiaktive und aktive Tilger,<br>- kennen den theoretischen Hintergrund der wichtigsten experimentellen Verfahren zur Strukturanalyse und -identifikation,<br>- erhalten einen ersten Einblick in Kreiselprobleme, Flatterprobleme und die<br>Theorie der Störungsrechnung,<br>- können einfache Verfahren zur Modellreduktion anwenden. |
| 13. Inhalt: | • Dämpfungsphänomene, -klassifizierung und -modellierung,<br>• Zusätzliche Zustandsgrößen,<br>• Zusammenfassung und Ausbau der Theorie zur Dämpfung linearer Systeme,<br>• Schwingungstilgung,<br>• Systemidentifikation und experimentelle Modalanalyse,<br>• Gyroskopische und zirkulatorische Kräfte,<br>• Klassifizierung, Analyse und Stabilität mechanischer Systeme,<br>• Modellreduktion. |
| 14. Literatur: | • Argyris, J. ; Faust, G. ; Haase, M.: Die Erforschung des Chaos. Braunschweig Wiesbaden : Vieweg, 1994<br>• Fliege, N.: Systemtheorie. Stuttgart : Teubner, 1991<br>• Elspass, W.J.; Flemming, M.: Aktive Funktionsbauweisen : eine Einführung in die Struktronik. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1998<br>• Ewins, D.J.: Modal testing : theory, practice and application. 2. Aufl. Baldock ; Hertfordshire : Research Studies Press, 2000<br>• Gasch, R. ; Nordmann, R. ; Pfützner, H.: Rotordynamik. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 2002<br>• Hamel, G.: Theoretische Mechanik. Berlin [u.a.] : Springer, 1978<br>• Isermann, R.: Identifikation dynamischer Systeme. Band 1 und 2. 2. Aufl. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1992<br>• Natke, H.G.: Einführung in Theorie und Praxis der Zeitreihen- und Modalanalyse. 3. Aufl. Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1992<br>• Schwertassek, R. ; Wallrapp, O.: Dynamik flexibler Mehrkörpersysteme.Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1999<br>• Skript<br>• zusätzliche Übungssammlung mit Lösungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 448301 Vorlesung Mechanische Systeme |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Mechanische Systeme , Vorlesung : 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44831 Mechanische Systeme (BSL), schriftliche Prüfung, 70 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PowerPoint, Kurzvideos, kleine Experimente |
| 20. Angeboten von: | Adaptive Strukturen in der Luft- und Raumfahrttechnik |

# Modul: 44860 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500113 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | • Jens Wolfersdorf<br>• Georg Heinrich Herdrich<br>• Stefanos Fasoulas |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Mathematische und physikalische Modellbildung in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die gaskinetischen Gebiete und können diese anhand thermodynamischer Parameter unterscheiden. Sie kennen die mikroskopischen Definitionen von Zustandsgrößen und deren mathematische Darstellung, verstehen das unterschiedliche Stoffverhalten von idealen Gasen in den gaskinetischen Gebieten und können gaskinetische Effekte bei Anwendungen der Luft- und Raumfahrttechnik bewerten und den Gültigkeitsbereich von Kontinuumsverfahren einschätzen.<br>Die Studierenden kennen die auftretenden aerothermodynamischen Phänomene während des Eintritts von Raumflugkörpern in eine Atmosphäre sowie deren physikalischen Ursprung. Sie kennen verschiedene Modelle für die numerische Simulation derartiger Phänomene und wissen über deren Gültigkeits- und Genauigkeitsbereich. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | • Kinetische Gastheorie: Aufgaben und Methoden, Verteilungsfunktion und makroskopische Zustandsgrößen, Beschreibung von Gasgemischen, molekulare Geschwindigkeitsverteilung, Stoßfrequenz, Transporteigenschaften in mäßig und stark verdünnten Gasen, Maxwellverteilung und ihre Eigenschaften, Darstellung der Maxwellverteilung und Mittelwerte der molekularen Geschwindigkeiten, Effusion, Mittelwert der Relativgeschwindigkeit, Berechnung der Stoßfrequenz, Anregung innerer Freiheitsgrade, Randbedingungen in verdünnten Gasen, Sprünge der Zustandsgrößen an Wänden, Wärmeleitung im stationären Fall, Hagen-Poiseuille-Strömung<br>• Aerothermodynamik: Boltzmanngleichung - Ansätze zur Lösung insbesondere Chapman-Enskog, Ableitung Euler- und Navier-Stokes-Gleichungen, numerische Lösungsansätze insb. Direct Simulation Monte Carlo. Wiedereintrittstrajektorie, Gas- und Strömungsnatur, aerothermodynamische Phänomene und Effekte, Erhaltungsgleichungen, Hochtemperatureffekte (thermochemische Relaxationen, Mehr-Temperatur-Modelle, Quellterme der Speziesgleichungen, Reaktionsschema für Hochtemperatur-Luft, Gleichgewichtskonstanten), Transportkoeffizienten, Gas-Oberflächenwechselwirkung, Gasstrahlung |
| 14. Literatur: | Umdrucke, Vorlesungsaufschrieb, Folien<br>Arnold Frohn: Einführung in die Kinetische Gastheorie, 2. Aufl. Wittwer, 2006<br>Dieter Hänel: Molekulare Gasdynamik, Springer, 2004 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 448601 Vorlesung Kinetische Gastheorie<br>• 448602 Seminar Kinetische Gastheorie<br>• 448603 Vorlesung Aerothermodynamik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Kinetische Gastheorie, Vorlesung: 84 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 56 h)<br>Kinetische Gastheorie, Übungen: 21 h (Präsenzzeit: 7 h, Selbststudium: 14 h)<br>Aerothermodynamik, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 195 h (Präsenzzeit: 63 h, Selbststudium: 132 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44861 Modellierung von Wiedereintrittsströmungen (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 44980 Plasmatechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500119 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 9.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 7.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Georg Heinrich Herdrich |
| 9. Dozenten: | • Christian Sleziona<br>• Georg Heinrich Herdrich<br>• Stefan Löhle |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Nach diesem Modul haben die Studierenden einen Überblick bezüglich der terrestrischen und raumfahrtbezogenen Anwendungsgebiete der Plasmatechnologie. Über das Verständnis der Plasmaströmungen hinausgehend, kennen die Studierenden terrestrische Plasmaanwendungen und die hierfür relevanten Plasmasysteme. Mit der Kenntnis der Funktion der Plasmasysteme und von Zweiphasenströmungen erkennen die Studierenden die Komplexität der Plasmaanwendungen und sind in der Lage, Einordnungen und Interpretationen für die technischen Anwendungen sowie den zugehörigen Plasmasystemen zu erbringen. Schließlich haben sie auch einen vertieften Überblick über die typischen Messverfahren, die zur Charakterisierung dieser hochenergetischen Strömungen eingesetzt werden. |
| 13. Inhalt: | • Messverfahren für hochenthalpe Strömungen: Einleitung, Grundlagen der Messtechnik (Druck, Temperatur, Massenflüsse, Strahlung, etc.), Mechanische Sonden für hochenergetische Strömungen (Totaldruck-, Wärmestromdichte-, Enthalpiesonden), Massenspektrometrie, Langmuirsonden, aktive und passive spektroskopische Verfahren (Pyrometrie, Radiometrie, Emissionsspektroskopie, Laserdiagnostik, etc.).<br>• Plasmaströmungen für Raumfahrtanwendungen: Grundlagen der Gasentladung, Plasmaeigenschaften, Erhaltungssätze für mehrkomponentiges Plasma, Relaxationszeiten (Reaktionen, |

| | |
|---|---|
| | Temperatur und Drift), Plasmaschwingungen, Ohmsches Gesetz für Plasmen, Plasmagrenzschicht, Magnetohydrodynamik, Erzeugung von Laborplasmen.<br>• Plasmaverfahren für industrielle Prozesse: Einführung und Grundlagen, geschichtlicher Überblick, Industrielle Anwendung von Gleichstromplasmaquellen, Zweiphasenströmungen, Gleichstromplasmaquellen, gepulste Plasmaquellen, induktive und dielektrische Plasmaquellen, industrielle Anwendung induktiver Plasmaquellen, Mikrowellenplasmaquellen, Barriereentladungen u. Laserprozesse. |
| 14. Literatur: | Umdrucke, Vorlesungsaufschrieb, Folien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 449801 Praktikum Messverfahren für hochenthalpe Strömungen<br>• 449802 Praktikum Messverfahren für hochenthalpe Strömungen<br>• 449803 Vorlesung Plasmaströmungen für Raumfahrtanwendungen<br>• 449804 Vorlesung Plasmaverfahren für industrielle Prozesse |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 32 h)<br>Messverfahren für hochenthalpe Strömungen, Praktikum: 30 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 16 h)<br>Plasmaströmungen für Raumfahrtanwendungen, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Plasmaverfahren für industrielle Prozesse, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h)<br>Gesamt: 270 h (Präsenzzeit 98 h, Selbststudium 172 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 44981 Plasmatechnik (PL), schriftliche Prüfung, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 57690 Raketentreibstoffe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500122 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefan Schlechtriem |
| 9. Dozenten: | Helmut Ciezki |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Keine; Der<br>Besuch der Vorlesungen Chemische Raumfahrtantriebe I + II wird empfohlen. |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben das Grundwissen und das Verständnis bezüglich der<br>Eigenschaften, des Umgangs und des Einsatzes von Treibstoffen und Treibstoffkombinationen<br>im Gebiet raumfahrtrelevanter Antriebe (RFRA). |
| 13. Inhalt: | - Einleitung / Übersicht der Treibstoffe<br>- Grundlage zu Brennkammerprozessen<br>- Flüssigtreibstoffe<br>- Festtreibstoffe<br>- Hybride Treibstoffkombinationen<br>- Gel-Treibstoffe<br>- Fortschrittliche, z.T. auch „grüne“ Treibstoffe<br>- Sicherheitsaspekte |

| | |
|---|---|
| | - Fernere Zukunft / Grundlagenforschung |
| 14. Literatur: | Vortragsfolien, Vorlesungsaufschrieb<br><br>Vorgeschlagene Literatur:<br><br>- A. Davenas, “Solid Rocket Propulsion,” Pergamon Press, Oxford, 1993<br><br>- M.J. Chiaverini, K.K. Kuo, “Fundamentals of Hybrid Rocket Combustion and Propulsion,”AIAA, Reston, USA, 2007<br><br>- W.H. Heister, D.T. Pratt, “Hypersonic Airbreathing Propulsion,” AIAA, Reston, USA, 1994 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 576901 Vorlesung Raketentreibstoffe<br>• 576902 Übung Raketentreibstoffe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Raketentreibstoffe<br><br>Vorlesung: 70 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 42 h)<br><br>Übungen: 20 h (Präsenzzeit 8 h, Selbststudium 12 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 57691 Raketentreibstoffe (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45020 Raumfahrtinstrumente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500111 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 5.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Ralf Srama |
| 9. Dozenten: | • Rudolf Voit-Nitschmann<br>• Volker Liebig<br>• Ralf Srama |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen die Grundlagen der Weltraumsensorik und haben einen Überblick über optische Instrumente. Sie können verschiedene in-situ Techniken benennen und Spektrometer charakterisieren. Sie können das wissenschaftliche Potential von Instrumenten bewerten und sind in der Lage, die verschiedenen Messtechniken zu beschreiben.<br>Sie wissen die Grundlagen der physikalischen Methoden der Sensorik. Die Studierenden kennen die wesentlichen Anwendungssatelliten der Erdbeobachtung, ihren Einsatzbereich und ihre Sensorik. Die Studierenden wissen die Grundlagen der IR Beobachtung (SOFIA) und die Möglichkeiten und Grenzen der UAV Beobachtungstechnik. Sie kennen die Betriebsbedingungen von erdnahen Beobachtungstechniken bis zu interplanetaren Missionen. |
| 13. Inhalt: | |
| 14. Literatur: | Principles of Space Instrument Design, A. M. Cruise et al., Cambridge Univ. Press,<br>1998, Vortragsfolien zu Vorlesungen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 450201 Vorlesung Satelliteninstrumente<br>• 450202 Übung Satelliteninstrumente<br>• 450203 Vorlesung Anwendungssatelliten<br>• 450204 UAV-Seminar |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Satelliteninstrumente, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h),<br>Satelliteninstrumente, Übungen: 30 h (Präsenzzeit: 7 h, Selbststudium: 23 h),<br>Anwendungssatelliten: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h),<br>UAV-Seminar:30 h (Präsenzzeit: 14 h, Selbststudium: 16 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 77 h, Selbststudium: 103 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45021 Raumfahrtinstrumente (PL), schriftliche Prüfung, 90 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45030 Raumfahrttechnik II

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500101 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 9.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 8.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | • Hans-Peter Röser<br>• Georg Heinrich Herdrich<br>• Stefan Schlechtriem |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden haben einen fortgeschrittenen Überblick über die wichtigsten ingenieurwissenschaftlichen Themen der Raumfahrttechnik vom Start, dem Einsatz im Weltraum bis zum Wiedereintritt von Raumflugkörpern. Für chemische Raumfahrtantriebe können Sie die Betriebszyklen von Raketentriebwerken unterscheiden sowie interpretieren und kennen den Einfluss wesentlicher Geometrie-, Treibstoff- und Prozessparameter auf ihre Leistung. Sie wissen, wie sich durch Änderungen der Treibstoffkombination die Triebwerkseigenschaften beeinflussen lassen, z.B. im Hinblick auf die Treibstoffförderung und -aufbereitung, die Zündung oder die Verbrennung. Sie kennen die wesentlichen Komponenten und Leistungskennzahlen eines Triebwerks und können die Komponenten für vorgegebene Betriebszyklen und Triebwerksleistungen auslegen.<br>Für Kleinsatelliten verfügen die Studierenden über das grundlegende Wissen für die Entwicklung, den Bau und die Verifikation. Sie kennen die Potentiale und Grenzen kleiner Satelliten. Weiterhin verfügen die Studenten über die Fähigkeit zur Auslegung der Nutzlast und des Satellitenbusses. Dies umfasst detaillierte Kenntnisse über die Satellitenstruktur, das Thermalsystem, das Lageregelungssystem sowie die Satellitenelektronik.<br>Für den Wiedereintritt haben die Studierenden einen vertieften Überblick über die wesentlichen Technologien, die beherrscht werden müssen. Sie kennen die relevanten Missionen und diskutierten Missionsszenarien |

| | |
|---|---|
| | sowie die technologischen Herausforderungen, insbesondere für Hitzeschutzsysteme, die relevanten Materialien und deren Eigenschaften. Sie wissen, wie derartige Eigenschaften in Bodentestanlagen und durch den Einsatz von verschiedenen Messsystemen im realen Flug untersucht sowie qualifiziert werden. |
| 13. Inhalt: | • Chemische Raketenantriebe I: Triebwerksprozesse und -komponenten, Treibstoffarten und -förderung , Einspritzung und Aufbereitung, Zündung, Umsetzung und Instabilitäten, Wärmelasten und Kühlung, Wandmaterialien und Bauweisen, Düsenströmung, Betriebszyklen von Triebwerken<br>• Kleinsatellitenentwurf I:Grundlagen der Kleinsatellitenentwicklung, Strukturen, Thermalkontrollsystem, Lageregelungssystem, elektrische Architekturen und Leistungselektroniken für Kleinsatelliten, Einführung in das Projektmanagement, Systeme anhand von Satellitenbeispiele, Orbitanalysen, thermische und mechanische Analyse<br>• Wiedereintrittstechnologie: Trajektorien, De-orbit-Manöver, Missionen und Fahrzeugkonzepte, Konzepte für Thermalschutzsysteme, Wesentliche Eigenschaften der Wiedereintrittsplasmen, Bodentestanlagen , Ausgewählte Instrumentierungen für Wiedereintrittskörper |
| 14. Literatur: | Skripte zu Vorlesungen, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 450301 Vorlesung Chemische Raumfahrtantriebe I<br>• 450302 Übung Chemische Raumfahrtantriebe I<br>• 450303 Vorlesung Kleinsatellitenentwurf<br>• 450304 Übung Kleinsatellitenentwurf<br>• 450305 Vorlesung Wiedereintrittstechnologie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Chemische Raumfahrtantriebe I, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h,Selbststudium: 32 h)<br>Chemische Raumfahrtantriebe I, Übungen: 30 h (Präsenzzeit: 14 h,Selbststudium: 16 h)<br>Kleinsatellitenentwurf, Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Wiedereintrittstechnologie, Vorlesung 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62h)<br>Gesamt: 270 h (Präsenzzeit: 112 h, Selbststudium: 158 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45031 Raumfahrttechnik II (PL), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0, Chemische Raumfahrtantriebe (33,3%): schriftlich 60 Min. Kleinsatellitenentwurf (33,3%): schriftlich 60 Min. oder mündlich 20 Min. Wiedereintrittsmissionen (33,3%): schriftlich 60 Min. oder mündlich 20 Min. |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45040 Raumsonden

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500123 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Alfred Krabbe |
| 9. Dozenten: | Alfred Krabbe |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten lernen eine Reihe von typischen astronomischen Satellitenmissionen kennen. Sie verstehen deren wissenschaftliche Zielsetzung, sowohl im planetaren Rahmen, in der Galaxis und darüber hinaus im größeren Universum. Sie lernen die Auswirkung der konkreten wissenschaftlichen<br>Missionsziele auf die Auslegung der individuellen Missionen abzuschätzen. Sie lernen dabei den Systemaspekt wissenschaftlicher Missionen kennen, bei denen viele Systemgruppen erfolgreich zusammenwirken. Die Studenten lernen aktuelle astronomische Messverfahren und Beobachtungstechniken am Boden und auf Satelliten kennen sowie deren technische und technologische Umsetzung. Sie lernen mit solchen Missionen erzielte Ergebnisse und deren Bedeutung für die astronomische und planetare Forschung exemplarisch kennen. |
| 13. Inhalt: | • Überblick über das Sonnensystem<br>• Überblick über astronomische Forschungsthemen<br>• Überblick über wissenschaftliche Missionsziele interplanetarer Missionen<br>• Überblick über die Gründe für astronomische Satellitenmissionen<br>• Vorstellung konkreter Sonden für interplanetare Missionen<br>• Vorstellung verschiedener Astronomiesatelliten<br>• Diskussion der Randbedingungen und des Layouts verschiedener Missionen<br>• Missionskritische Technologien<br>• Vorstellung beispielhafter wissenschaftliche Ergebnisse |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | Skripte zur Vorlesung, ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 450401 Vorlesung Planetenmissionen<br>• 450402 Vorlesung Astronomiemissionen |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Planetenmissionen: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Astronomiemissionen: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 56 h, Selbststudium: 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45041 Raumsonden (PL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | Institut für Raumfahrtsysteme |

# Modul: 45100 Satellitenbetrieb

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500117 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 5.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | • Jens Eickhoff<br>• Christoph Nöldeke<br>• Hans-Peter Röser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Satellite Communication (in englischer Sprache):<br>• Die Studenten besitzen einen Überblick über die gängisten Satellitenkommuniktionssysteme<br>• Sie verfügen über die Fähigkeit der Auslegung eines Kommunikationssystems für Satelliten<br>• Sie kennen das Basiswissen der Kodierung und Dekodierung von Signalen<br>• Die Studenten kennen die Techniken der Antennenauslegung<br>• Sie erhalten das Basiswissen über die Satellitenkontrolle und die Beschaffenheit des Bodensegments<br><br>Onboard Computers, Onboard Software & Satellite Operations:<br>• Die Studierenden werden eingeführt in die Hardwaretechnologie von Onboardcomputern, insbesondere für Satelliten und Sonden.<br>• Sie erlernen Softwaredesign und Entwicklungsmethodik moderner Onboardsoftware<br>• Sie erhalten einen grundlegenden Einblick in die dynamische SW Interaktion mit der Satelliten Hardware.<br>• Das Basiswissen und grundlegende Betriebskonzepte für das Operations von Satelliten und Sonden vom Boden werden vermittelt. |

| | |
|---|---|
| | • Die Studierenden erhalten eine Einführung in international gebräuchliche Satellitenkommunikations- und Servicestandards wie CCSDS und PUS.<br>Praktikum zum Raumflugbetrieb:<br>• Die Studeten verfügen über das Basiswissen des bodenseitigen Betriebs von Satelliten. |
| 13. Inhalt: | Satellite Communication (in englischer Sprache):<br>• Einteilung der Satellitenkommunikationssysteme und Organisation der Kommunikationsgeschäftes<br>• Konvektivität und Abdeckung von Kommunikationssystemen<br>• Grundlagen der Wellenform, Zugriffspläne, Linkbudgets, digitaler Satellitenkommunikationsverbindungen und Antennen<br>• Kommunikationsnutzlast und EMV-Problematik<br>• Technologie des Bodensegments und der Satellitenkontrolle<br>• Überblick über Software Defined Radio und Amateurfunk<br><br>Onboard Computers, Onboard Software & Satellite Operations:<br>• Technologie von Onboardcomputern, insbesondere für Satelliten und Sonden.<br>• Technologie und Entwicklungsmethodik moderner Onboardsoftware und<br>Design der SW Interaktion mit der Satelliten Hardware.<br>• Operations von Satelliten und Sonden vom Boden.<br>• Zugehörige Techniken der Satellitenbedienung im Nominal- und Fehlerfall.<br>• Datenprotokolle und Servicearchitektur zu Satellitenkommandierung und<br>Telemetrieübertragung. |
| 14. Literatur: | Lehrbücher:<br><br>"Jens Eickhoff: Onbord Computers, Onboard Software and Satellite Operations,<br>Springer, 2011, ISBN 978-3-642-25170-2<br><br>"Christoph M. Nöldeke: 'Satellite Communications' MV-Wissenschaft, Münster, ISBN 978-3-86991-401-5" |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 451001 Vorlesung Satellitenkommunikation<br>• 451002 Vorlesung Onboard Computers, Onboard Software & Satellite Operations<br>• 451003 Praktikum zum Raumflugbetrieb |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Satellitenkommunikation, Vorlesung: 75 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 47 h)<br>Onboard Computers, Onboard Software & Satellite Operations, Vorlesung: 75 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 47 h)<br>Praktikum zum Raumflugbetrieb: 30 h (Präsenzzeit 14 h, Selbststudium 16 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45101 Satellitenbetrieb (PL), schriftlich oder mündlich, 120 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45110 Satelliteninstrumente

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500112 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Ralf Srama |
| 9. Dozenten: | Ralf Srama |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studenten kennen die Grundlagen der Weltraumsensorik und haben einen Überblick über optische Instrumente. Sie können verschiedene in-situ Techniken benennen und Spektrometer charakterisieren. Sie können das wissenschaftliche Potential von Instrumenten bewerten. |
| 13. Inhalt: | • Überblick über verschiedene Satelliteninstrumente (remote sensing und insitu) und Weltraumsensoren<br>• Beobachtungsplattformen und Missionen, Nutzlast ausgewählter wissenschaftlicher Satelliten/Missionen<br>• Spektrometer und Interferometer, Infrarotsysteme, Laser, Digitalkameras, Supraleiter, Staubsensoren, SOFIA Instrumente, Magnetometer |
| 14. Literatur: | Principles of Space Instrument Design, A. M. Cruise et al., Cambridge Univ. Press, 1998, Vortragsfolien zu Vorlesungen |

| | |
|---|---|
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451101 Vorlesung Satelliteninstrumente |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Satelliteninstrumente, Vorlesung: 60 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 32 h),<br>Satelliteninstrumente, Übungen: 30 h (Präsenzzeit: 7 h, Selbststudium: 23 h),<br>Gesamt: 90 h (Präsenzzeit: 35 h, Selbststudium: 55 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45111 Satelliteninstrumente (BSL), schriftliche Prüfung, 45 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45120 Satellitennavigation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 062100001 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Alfred Kleusberg |
| 9. Dozenten: | Alfred Kleusberg |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Flugführung und Systemtechnik in der LRT<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die grundlegenden Methoden der Satellitennavigation. Sie können Fehlerquellen bei der Satellitennavigation benennen, deren Größenordnung abschätzen und wissen, mit welchen Methoden sie verringert oder eliminiert werden können. |

| | |
|---|---|
| 13. Inhalt: | Funktionsprinzip des Satellitennavigationssystems GPS umfasst: zugehörige Bezugssysteme (WGS84, ITRFxx), Zeitsysteme, Satellitenbahnen - Erweiterung der ungestörten Keplerbewegung auf gestörte Keplerbewegung (osculierende Keplerelemente, Störeinflüsse (Art und Größe)), Berechnung der Satellitenposition, Darstellung und Übertragung der Orbitparameter (Broadcast-Ephemeriden, Almanach), Präzise Ephemeriden, Konstellation, Signalaufbau: Träger, Codes, Message, zur Wahl der Wellenlänge des Trägers, Modulation, Generierung und Eigenschaften von PRN-Codes, Korrelationsverhalten der Codes, Ausbreitung der GPS-Signale (Maxwells Gleichungen, Refraktivität,<br>dispersive Medien, Gruppengeschwindigkeit,...), Beschreibung der ionosphär. und troposphär. Refraktion (Appleton-Harttree-Formel, Smith- & Weintraub-Formel), Korrekturmodelle für Refraktion (TECValues, Klobuchar Modell, Hopfield-Modell), Modellierung weiterer Fehlereinflüsse auf die Messung (Uhrenfehler, Bahnfehler), Aufgaben des Empfängers, Signalidentifizierung,<br>Prinzip der Laufzeitmessung, Unterscheidung von Signalen, Empfängerdesign, Modellbildung für Pseudostrecken, Positionierung mit Auswertung der Codeinformation, NMEA: Standard-Format für die Navigation, Differentielle Techniken (SAPOS, GBAS, SBAS), Analyse von Korrekturdaten (Arten, Übertragung, Formate: RTCM, RTCA) |
| 14. Literatur: | Online-Skript, IS-GPS-200D |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451201 Vorlesung Satellitennavigation |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenszeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45121 Satellitennavigation (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, PPT-Präsentation |
| 20. Angeboten von: | Navigation |

# Modul: 45130 Satellitenregelung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060200118 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Walter Fichter |
| 9. Dozenten: | Walter Fichter |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | - |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden kennen die wichtigsten Regelungssysteme für Satelliten.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, das Regelungssystem in den systemtechnischen Rahmen einzuordnen, der durch den Satellitenentwurf und die Missionsaufgabe gegeben ist.<br>• Die Studierenden kennen grundlegende Verfahren und Algorithmen zur Bewegungsbestimmung (Navigation) und zur Lage-, Drall- und Bahnregelung von Satelliten, und zwar in Abhängigkeit des Betriebszustandes des Satelliten. |
| 13. Inhalt: | • Systemtechnische Grundlagen: Missionsbeispiele, Entwurfsprozess, Störungen, Systemtypen, Hardware-Komponenten, Regeln für den Systementwurf |

| | |
|---|---|
| | • Satellitenmodell: Bahn- und Lagebewegung eines Starrkörper-Satelliten, Gyrostat, Drall, Drallradmodelle, Gravitationseffekte<br>• Verfahren zur Lagebestimmung und Drehratenbestimmung<br>• Spinstabilisierung: Modelle und Regelung<br>• 3-achsige Lagestabilisierung: Vorgehen mit internen und externen Stellgrößen, nichtlineare Lageregelungsverfahren, lineare Lageregelungsverfahren, Regelung des Gesamtdralls und des Raddralls<br>• Bahnbestimmung mit GPS: Messprinzip und Rohdatenerzeugung, Bestimmung der Position und Zeit, Bestimmung der Geschwindigkeit und Uhrendrift |
| 14. Literatur: | W. Fichter, Spacecraft Dynamics, Navigation, and Control, Lecture Notes, Institut für Flugmechanik und Flugregelung, 2008<br>J. Wertz, Spacecraft Attitude Determination and Control ,Kluwer<br>B. Wie, Space Vehicle Dynamics and Control, AIAA Series<br>M. Kaplan, Modern Spacecraft Dynamics and Control, Wiley<br>M. Sidi, Spacecraft Dynamics and Control, Cambridge |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 451301 Vorlesung Satellitenregelung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Satellitenregelung, Vorlesung: 90 h<br>(Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45131 Satellitenregelung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Zuhilfenahme von Projektor und Beamer,<br>elektronische Unterlagen im Netz |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugmechanik und Flugregelung |

# Modul: 45260 Systemsimulation in der Satellitenentwicklung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500109 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | • Hans-Peter Röser<br>• Jens Eickhoff |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | |
| 13. Inhalt: | |
| 14. Literatur: | Skript zur Vorlesung,<br>Lehrbuch: Simulating Spacecraft Systems, Springer, 2009 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 452601 Vorlesung Systemsimulation in der Satellitenentwicklung I<br>• 452602 Vorlesung Systemsimulation in der Satellitenentwicklung II |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Systemsimulation in der Satellitenentwicklung I: 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h)<br>Systemsimulation in der Satellitenentwicklung II: 90 h (Präsenzzeit: 28 h,Selbststudium: 62 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit: 56 h, Selbststudium: 124 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45261 Systemsimulation in der Satellitenentwicklung (PL), schriftlich oder mündlich, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | PPT Präsentaionen, Tafel |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45370 Weltraumqualifikation

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500108 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | Hans-Peter Röser |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Studenten verfügen über das Basiswissen zur Qualifikation und Verifikation von Satelliten. Dies erstreckt sich zum einen über EMV-Tests und Umwelttests von Satellitenkomponenten und gesamten Satelliten. Zum anderen kennen die Studenten die Vorgehensweise bei der Durchführungen von Funktionstests und der Verifikation von Satellitensoftware. |
| 13. Inhalt: | • Konzepte und Methoden der Weltraumqualifikation und -verifikation<br>• Vorstellung und zum Teil eigene Durchführung von Funktionstests, Thermal- Vakuumtest, mechanischen Tests und EMV-Tests<br>• Verifikation durch Systemsimulation und Flatsat |
| 14. Literatur: | Manuskript zur Vorlesung, Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 453701 Vorlesung Weltraumqualifikation |

| | |
|---|---|
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit: 28 h, Selbststudium: 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45371 Weltraumqualifikation (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48700 Weltraumstrahlung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500121 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | Christoph Nöldeke |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden verstehen die physikalischen Grundlagen energetischer Teilchenstrahlung und hochenergetischer elektromagnetischer Strahlung sowie der zugrundeliegenden elektromagnetischen und nuklearen Wechselwirkungen.<br>Sie kennen die Ursprünge der die im inneren Sonnensystem und im erdnahen Raum auftretenden energetischen Stahlen und Plasmen einschließlich des Sonnenwindes, energetischer solarer Protonen und galaktischer Strahlung.<br>Sie entwickeln ein Verständnis für die Wechselwirkung energetischer geladener Teilchen mit der terrestrischen Magnetosphäre und kennen deren resultierende Strukturen (Strahlungsgürtel, Südatlantische Anomalie).<br>Sie kennen die Wechselwirkungsmechanismen mit dem Raumfahrzeug (Aufladung, Ionisierung, Abschirmung) und können diese anhand von Dosistiefenkurven quantitativ abschätzen. Ferner kennen sie die Schadens-und Störmechanismen auf elektronische Systeme |

| | |
|---|---|
| | des Raumfahrzeugs. Sie können Auswirkungen hochenergetischer Strahlungsprozesse auf bemannte Missionen beurteilen.<br>Sie kennen wissenschaftliche Datenbanken von Observationsmissionen (SOHO, SDO) und sind in der Lage, auf Level-2 Daten zuzugreifen und diese auszuwerten. |
| 13. Inhalt: | • Basic physics<br>• The origins of space radiations<br>• The space radiation environment<br>• Interaction of radiation with the spacecraft<br>• Interaction of radiation with spaceborne electronics<br>• Space radiation and manned space flight<br>• Make your own space weather forecast: online demonstration |
| 14. Literatur: | Power Point Presentations<br>Rainer Schwenn: „Space Weather: The Solar Perspective" Living Rev. Solar Phys.,3 (2006), 2<br>Original papers on a case-by-case basis<br>Online US government and ESA data bases |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 487001 Vorlesung Weltraumstrahlung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Space Radiations, Lecture: 90 h (Präsenzzeit: 24 h, Selbststudium: 66 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 48701 Weltraumstrahlung (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45410 Wiedereintrittstechnologie

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500106 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | PD Georg Heinrich Herdrich |
| 9. Dozenten: | Georg Heinrich Herdrich |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Wahlmodule der Spezialisierungsrichtung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Raumfahrttechnik I<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Spezialisierungsrichtungen<br>→ Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlpflichtmodule<br>→ Raumfahrttechnik I |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Am Ende des Moduls haben die Studierenden einen vertieften Überblick über die wesentlichen Technologien, die für einen atmosphärischen Wiedereintritt beherrscht werden müssen. Sie kennen die relevanten Missionen und diskutierten Missionsszenarien sowie die technologischen Herausforderungen, insbesondere für Hitzeschutzsysteme, die relevanten Materialien und deren Eigenschaften. Sie wissen, wie derartige Eigenschaften in Bodentestanlagen und durch den Einsatz von verschiedenen Messsystemen im realen Flug untersucht sowie qualifiziert werden. |
| 13. Inhalt: | • Wiedereintrittstrajektorie, De-orbit-Manöver<br>• Wiedereintrittsmissionen und -fahrzeugkonzepte<br>• Konzepte für Thermalschutzsysteme<br>• Wesentliche Eigenschaften der Wiedereintrittsplasmen<br>• Bodentestanlagen |

| | |
|---|---|
| | • Ausgewählte Instrumentierungen für Wiedereintrittskörper |
| 14. Literatur: | G. Herdrich et al.: Manuskript zur Vorlesung Wiedereintrittstechnologie, jährlich<br>aktualisiert<br>ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 454101 Vorlesung Wiedereintrittstechnologie |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45411 Wiedereintrittstechnologie (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# 600 Fachaffine Schlüsselqualifikationen

Zugeordnete Module:

| | |
|---|---|
| 36060 | Flugmedizin für Ingenieure |
| 36550 | Chemistry of the Atmosphere |
| 39160 | Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre |
| 39840 | Projektmanagement und System Engineering |
| 39910 | Projektseminar: Simulationstechnik - Statik |
| 40390 | Hubschrauberseminar |
| 41460 | Projektseminar: Konstruktion - Luftfahrtantriebe |
| 45460 | Astronomie für Raumfahrt-Ingenieure |
| 45470 | CFD Anwendungsseminar |
| 45480 | Projektarbeit |
| 48050 | Zerstörungsfreie Prüfung |
| 51630 | Umweltaerodynamik |
| 58170 | Einführung in die Erdbeobachtung und Förderprogramme in der Raumfahrt |

# Modul: 45460 Astronomie für Raumfahrt-Ingenieure

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500100 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Hans-Peter Röser |
| 9. Dozenten: | Hans-Ulrich Keller |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 3. Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 3. Semester<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen Grundkenntnisse der astronomischen Beobachtungsinstrumente. Sie beherrschen die Grundlagen der Sphärischen Astronomie und Himmelsmechanik und besitzen Basiswissen über Aufbau und Struktur unseres Sonnensystems und relevante Raumfahrtziele. |
| 13. Inhalt: | • Aufbau und Struktur des Universums<br>• Sphärische Astronomie (Koordinaten + Zeitrechnung)<br>• Himmelsmechanik (Ephemeridenrechnung + Bahnbestimmung)<br>• Physik der Körper des Sonnensystems |
| 14. Literatur: | Buch: Kompendium der Astronomie von H.-U. Keller, Franckhsche Verlagshdlg. ,<br>4. Auflage, Stuttgart 2008<br>Skriptum zur Vorlesung |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 454601 Vorlesung Astronomie für Raumfahrt-Ingenieure |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45461 Astronomie für Raumfahrt-Ingenieure (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 45470 CFD Anwendungsseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060100138 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Ewald Krämer |
| 9. Dozenten: | • Thorsten Lutz<br>• Ewald Krämer<br>• Steffen Bogdanski |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit der Herangehensweise an technische Problemstellungen vertraut und entwickeln Lösungsstrategien.<br>Sie verstehen die Grundregeln für den Aufbau einer ingenieurwissenschaftlichen Präsentation, deren Vor- und Nachbereitung.<br>Sie sind in der Lage, die Inhalte ihrer Arbeit ziel- und zuhörerorientiert aufzubereiten und mit Blick auf die zeitlichen Rahmenbedingungen das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen. Sie sind in der Lage, die geeigneten Kommunikations- und Visualisierungsmöglichkeiten auszuwählen.<br>In fachlichen Diskussionen können sie ihre Standpunkte verständlich formulieren und sachlich und überzeugend darstellen. Sie können Ihren eigenen Kommunikationsstil reflektieren.<br>Die Studierenden kennen die Grundlagen für die Erstellung wissenschaftlicher Berichte und wenden diese an. Neben diesen generischen Kompetenzen sind sie in der Lage, die komplette Prozesskette zur Lösung aerodynamischer Problemstellungen mittels numerischer Simulation anzuwenden und kennen die hierfür notwendigen theoretischen Grundlagen. Sie sind in der Lage, ihre Ergebnisse kritisch zu interpretieren und zu bewerten. |
| 13. Inhalt: | Im Rahmen eines Vorlesungsblockes werden zunächst die für die praktische Anwendung von CFD Methoden und die Ergebnisinterpretation und -bewertung notwendigen theoretischen Grundlagen vermittelt. Die Vorlesungsveranstaltungen bauen auf dem Lehrstoff der Vorlesungen zur Strömungsmechanik und Numerik auf.<br>Im Rahmen von Gruppenübungen erfolgt eine spezifische Einarbeitung in die Anwendung des<br>Netzgenerators Gridgen, des Strömungslösers TAU und des Visualisierungstools Tecplot.<br>Anhand zweidimensionaler Strömungsprobleme bearbeiten die Studierenden eigenständig |

| | |
|---|---|
| | Fragestellungen zum Einfluss relevanter numerischer Parameter, der Gitterauflösung, der Profilgeometrie und der Anströmparameter. Die Bearbeitung des gewählten Themas wird durch die Seminarleiter sowie durch Tutoren betreut.<br>Die Studierenden tragen ihre Ergebnisse vor der gesamten Gruppe vor und stellen sich der fachlichen<br>Diskussion. Im Anschluss an ihre Präsentation erhalten sie ein Feedback. Über ihre Arbeit fertigen sie zudem einen wissenschaftlichen Bericht an. Die notwendigen Kenntnisse zu deren Gestaltung werden ihnen durch den Dozenten vermittelt. |
| 14. Literatur: | Skript, Programmhandbücher, Tutorials, Aufgabenbeschreibung, ergänzende<br>Literatur zu den jeweiligen Seminaraufgaben |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 454701 CFD-Anwendungsseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45471 CFD Anwendungsseminar (BSL), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 36550 Chemistry of the Atmosphere

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 030701929 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.5 | 7. Sprache: | Englisch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Cosima Stubenrauch |
| 9. Dozenten: | • Cosima Stubenrauch<br>• Ulrich Vogt |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Basics in Chemistry, Physics, and Air Quality Control |
| 12. Lernziele: | The graduates of the module understand the basic physical and chemical processes in the tropo- and the stratosphere. The influence of air pollutants in the ambient air and on a global scale can be explained, which, in turn, allows classifying and assessing the air quality in a defined area. This is the basis for the understanding and justification of air pollution abatement measures. |
| 13. Inhalt: | **I: Chemistry of the Atmosphere (Stubenrauch)**<br>• Structure of the atmosphere<br>• Radiation balance of the Earth<br>• Global balances of trace gases<br>• OH radical<br>• Chemical degradation mechanisms<br>• Stratospheric chemistry, ozone hole<br>• Tropospheric chemistry<br>• Greenhouse effect, climate<br>**II: Air Pollutants in Urban and Rural Areas and Meteorological Influences (Vogt)**<br>• Spatial distribution of air pollutants in urban and rural areas<br>• Temporal variation and trends in air quality<br>• Carbon compounds, sulfur dioxide, particulate matter, nitrogen oxides, tropospheric ozone<br>• Meteorological influences |
| 14. Literatur: | • Introduction to Atmospheric Chemistry, D.J. Jacob, Princeton University Press, Princeton, 1999 |

| | |
|---|---|
| | • Chemistry of the Natual Atmosphere, P. Warneck, Academic Press, San Diego, 2000<br>• Sonderheft von "Chemie in unserer Zeit", 41. Jahrgang, 2007, Heft 3, 133-295<br>• Air Quality Control, G. Baumbach, Springer Verlag, Berlin, 1996<br>• News on Topics from Internet (e.g. UBA, LUBW) |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 365501 Vorlesung Chemie der Atmosphäre<br>• 365502 Exkursion Chemie der Atmosphäre |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Attendance: 35 h (28 h Lectures & 7 h Exkursion)<br>Autonomous Student Learning: 55 h<br>Total: 90 h |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 36551 Chemistry of the Atmosphere (BSL), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | blackboard, PowerPoint presentations, demonstration of measurements |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 58170 Einführung in die Erdbeobachtung und Förderprogramme in der Raumfahrt

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500124 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | Volker Liebig |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden besitzen für die Raumfahrt relevante Grundkenntnisse des Systems Erde und seiner Untersysteme sowie der satellitengestützten Erdbeobachtung. Sie kennen nationale und europäische Förderprogramme in der Raumfahrt und besitzen Grundkenntnisse zu Schreiben eines erfolgreichen Antrages. |
| 13. Inhalt: | - Vorstellung ESA<br>- System Erde und seine Untersysteme<br>• Atmosphäre<br>• Klima<br>• Hydrosphäre/Cryosphäre<br>• Schwerefeld<br>• Magnetfeld<br>• Biosphäre<br>Anwendungssatelliten als end-to-end Systeme<br>Charter for Space and Disasters<br>Übersicht EO Programm der ESA<br>EU/ESA Cooperation: Copernicus<br>Förderprogramme und "Wie schreibe ich einen guten Antrag?" |
| 14. Literatur: | Vortragsfolien, Vorlesungsaufschrieb<br>Vorgeschlagene Literatur:<br>- F. Möller, Einführung in die Meteorologie,<br>- W. Kertz, Einführung in die Geophysik, Band II, |

| | |
|---|---|
| | - Internetpublikationen zu den Programmen der ESA, DLR, DFG und EU Förderprogrammen |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 581701 Vorlesung Einführung in die Erdbeobachtung und Förderprogramme in der Raumfahrt |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Einführung in die Erdbeobachtung und Förderprogramme in der Raumfahrt<br><br>Vorlesung: 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 58171 Einführung in die Erdbeobachtung und Förderprogramme in der Raumfahrt (BSL), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 36060 Flugmedizin für Ingenieure

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500120 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | Sabine Roelcke |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden haben grundlegende Kenntnisse über relevante humanmedizinische Grundlagen des Fliegens.<br>• Sie kennen den Einfluss der beim Fliegen auftretenden physikalischen Phänomene auf den Menschen.<br>• Sie verstehen den Zusammenhang zwischen diesen Einflüssen und der erforderlichen Tauglichkeitsuntersuchung bei Piloten und Bordpersonal.<br>• Sie haben einen Überblick über wichtige Aspekte der Psychologie, Präventiv- und Notfallmedizin im Zusammenhang mit dem Fliegen. |
| 13. Inhalt: | • Definition Flugmedizin: Aero- Medical Examiner, Aufgabengebiete, Cockpit, Kabine, Medical-Tauglichkeit für Piloten, Geschichte der Flugmedizin.<br>• Grundlagen Flugmedizin: Optisches System, optische Illusion, Desorientiertheit, Akustik (Ohr, Gleichgewichtsorgan, Konflikte, Kinetosen), kardiovaskuläres System, Respiratorisches System, relevante Erkrankungen, zentrales Nervensystem.<br>• Physikalische Grundlagen: Gasgesetze, Beschleunigung, ICAO, Aufbau Atmosphäre.<br>• Spezifische Grundlagen: Einfluss Umweltfaktoren, Hypoxie, Zeitverschiebung, Jet-Lag, Klima, Temperatur, Druck im Cockpit, Vergiftungen (Kohlenmonoxid, Alkohol, Drogen, Medikamente).<br>• Flugpsychologie:Human Factors mit Schwerpunkt Flugunfälle, Faktor Mensch und Fliegen, Stress, Flugangst, Ethik, Fehlermanagement.<br>• Präventivmedizin: Schutzimpfungen, Fitness, Medikamente und Fliegen. |

| | |
|---|---|
| | • Notfallmedizin: Reanimation und Krisenintervention, medizinische Ausrüstung an Bord, Defibrillator, Telemedizin, Notlandung, rechtliche Aspekte.<br>• Exkursion mit Besichtigung des Aeromedical Centers Germany, Falldemonstration: „ Würden Sie mit diesem Piloten fliegen?", Demonstration der medizinischen Geräte und Methoden. |
| 14. Literatur: | Flugmedizin für Privatpiloten und Passagiere<br>Peter Bachmann<br>Motorbuch-Verlag<br><br>Flugmedizin<br>Dr.Jochen Hinkelbein<br>uni-med-Verlag<br><br>Taschenbuch Flugmedizin<br>U.Stüben<br>Medizinisch-Wissenschaftliche-Verlagsgesellschaft<br><br>Skript zur Vorlesung, Ergänzende Vortragsfolien |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 360601 Vorlesung Flugmedizin für Ingenieure |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90 h (Präsenzzeit 28 h, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 36061 Flugmedizin für Ingenieure (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 39160 Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 100110001 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | unregelmäßig |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Wolfgang Burr |
| 9. Dozenten: | • Wolfgang Burr<br>• Torsten Frohwein<br>• Xenia Schmidt<br>• Tobias Dürr |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009, . Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, . Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, . Semester<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, . Semester<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, . Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | keine |
| 12. Lernziele: | • Die Studierenden können die zentrale betriebswirtschaftliche Definitionen wiedergeben und lernen auf deren Basis zu argumentieren<br>• Die Studierenden können die verschiedene Teilbereiche der Betriebswirtschaft benennen und in das Gesamtkonzept der Betriebswirtschaft einordnen sowie dortige Problemstellungen angeben und eingesetzte Instrumente anwenden<br>• Die Studierenden sind in der Lage ausgewählte betriebswirtschaftlichen Theorien zu erklären und auf bestimmte Problemstellungen anzuwenden |
| 13. Inhalt: | Dieses einführende Modul bringt zunächst den Studierenden den Gegenstand der Betriebswirtschaftslehre näher und ermöglicht ein Kennenlernen erster betriebswirtschaftlicher Begriffe sowie eine Einordnung der Betriebswirtschaftslehre in den Rahmen der Wirtschaftswissenschaften.<br><br>Weiterhin werden die entscheidungstheoretischen Grundlagen und Modelle diskutiert. Anhand praxisorientierter Aufgaben wird die Entscheidungsproblematik begreiflich gemacht. Ferner werden die Einheiten der betrieblichen Leistungserstellung und die Instrumente zur Unterstützung dieser erläutert.<br><br>Schließlich lernen die Studierenden die Aufgaben und Probleme der Unternehmensführung kennen. Neben der Einführung in die Theorien, Methoden und Konzepte der Unternehmensführung, bekommen die Studierenden Einblick in weitere Bereiche wie z. B. Innovationsmanagement. |

| | |
|---|---|
| 14. Literatur: | • Folien zu Vorlesungen und Übungen<br>• Übungsaufgaben im ILIAS<br><br>Die Basisliteratur umfasst die folgenden Werke:<br>• Burr, W.: Innovationen in Organisationen, aktuelle Auflage, Kohlhammer Verlag, Stuttgart.<br>• Burr, W., Musil, A., Stephan, M., Werkmeister, C.: Unternehmensführung, aktuelle Auflage, Verlag Vahlen, München.<br>• Thommen, J.-P., Achleitner, A.-K.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, aktuelle Auflage, Springer, Gabler Verlag, Wiesbaden |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 391601 Vorlesung Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre<br>• 391602 Übung Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Vorlesung<br>- Präsenzzeit: 28 h<br>- Selbststudium: 32 h<br>Übung<br>- Präsenzzeit: 14 h<br>- Selbststudium: 16 h<br>Gesamt: 90 h |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 39161 Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | ABWL, insb. Innovation und Dienstleistungsmanagement |

# Modul: 40390 Hubschrauberseminar

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060300060 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | unregelmäßig |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Holger Ahlborn |
| 9. Dozenten: | |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009, 3. Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 3. Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 3. Semester<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | keine |
| 12. Lernziele: | Den Studenten sollen die Grundlagen der Hubschrauberentwicklung im industriellen Umfeld vermittelt werden.<br>Ihnen werden dabei die einzelnen Disziplinen und deren Vernetzung bei der Hubschrauberentwicklung vermittelt. |
| 13. Inhalt: | Verschiedene Dozenten der verschiedenen Fachabteilungen der Firma Airbus Helicopters (ehemals Eurocopter) wie Statik, Aerodynamik, Flugversuch etc. geben einen Einblick in ihre Themengebiete. |
| 14. Literatur: | Präsentationen der Dozenten zu den einzelnen Fachgebieten |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 403901 Vorlesung Hubschrauberseminar |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit: 21 Stunden<br>Selbststudium: 69 Stunden<br>Summe: 90 Stunden |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 40391 Hubschrauberseminar (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Beamer |
| 20. Angeboten von: | Institut für Flugzeugbau |

# Modul: 45480 Projektarbeit

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400001 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 3.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | Stephan Staudacher |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind auf die in der Luft- und Raumfahrt übliche multidisziplinäre Arbeit in integrierten Projektteams vorbereitet. Schwerpunkt ist die Zusammenarbeit unter den Studierenden, die, um Probleme zu lösen, gemeinsame Ziel setzen sowie Strategien, Verhaltens- und Vorgehensweisen erarbeiten müssen.Die Studierenden haben an Hand eines konkreten Beispielprojektes gelernt sich an einem gemeinsamen Ziel auszurichten und in einer Gruppe zusammenzuarbeiten. Im Rahmen dieser Projekterfahrung haben Sie verstanden, dass effektive Arbeits- und Rollenverteilung wesentlich zum Erfolg beitragen. Die damit verbundenen Herausforderungen an die Schnittstellendefinition und die Kommunikation unter den Mitgliedern des Projektteams sind verstanden.<br>Die Studierenden haben gelernt als Gruppe effektiv auf Zieltermine hinzuarbeiten, über ihren Projektfortschritt regelmäßig zu berichten und haben Praxis im Präsentieren ihrer Ergebnisse erlangt. |
| 13. Inhalt: | Den Teilnehmern wird in Seminarform die Aufgabenstellung vorgestellt. Hierbei wird die von den Arbeitsgruppen geforderte Leistung inklusive der damit verbundenen Zieltermine klar spezifiziert. Darüber hinaus werden grundlegende Regeln für die Arbeit in Arbeitsgruppen (Teams) vorgestellt. Im Rahmen des Seminars berichten die Teams später über Ihre Fortschritte und Probleme. Sie erhalten im Rahmen ihrer Berichte die notwendige Unterstützung um die Projektarbeit erfolgreich abschließen zu können. Die Projektarbeit selbst erfolgt selbstständig. |
| 14. Literatur: | Aufgabenstellung, Meilensteinplan, Gruppengespräch |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 454801 Seminar Projektarbeit Luft- und Raumfahrttechnik<br>• 454802 Seminar Projektarbeit Luft- und Raumfahrttechnik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Projektarbeit Luft- und Raumfahrttechnik (WiSe), Seminar: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br>Projektarbeit Luft- und Raumfahrttechnik (WiSe), Seminar: 90 h (Präsenzzeit 35 h, Selbststudium 55 h)<br>Gesamt: 180 h (Präsenzzeit 70 h, Selbststudium 110 h) |

| | | |
|---|---|---|
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 45481 | Projektarbeit (LBP), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | | |
| 19. Medienform: | | |
| 20. Angeboten von: | | |

# Modul: 39840 Projektmanagement und System Engineering

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060500110 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, WiSe |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | - |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stefanos Fasoulas |
| 9. Dozenten: | Rudolf Benz |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009, 3. Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 3. Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 3. Semester<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 3. Semester<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 3. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | keine |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden kennen die Grundlagen der Planung und Durchführung techn. Entwicklungsprojekte und<br>verfügen über Kenntnisse projektnaher Prozesse wie Systemtechnik, Qualitätssicherung und<br>Vertragsmanagement. |
| 13. Inhalt: | Projektdefinition, Projektumfeld, Projektlebenszyklus, Planung, Controlling, Systemtechnikprozess, Qualitätssicherung, Vertragsmanagement. |
| 14. Literatur: | Vorlesungsskript sowie Literaturangaben |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 398401 Vorlesung Projektmanagement und System Engineering |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (22h Präsenzzeit, 68h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 39841 Projektmanagement und System Engineering (BSL), schriftliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Tafel, Overhead, Beamer |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 41460 Projektseminar: Konstruktion - Luftfahrtantriebe

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060400002 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Stephan Staudacher |
| 9. Dozenten: | • Felix Döring<br>• Stephan Staudacher |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009, 4. Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer IV: Projektseminare<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 4. Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer IV: Projektseminare<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, 4. Semester<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, 4. Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | keine |
| 12. Lernziele: | • Einführung in Bauweisen und konstruktive Fragestellungen der Turboflugtriebwerke<br>• praktische Auseinandersetzung mit einem Turboflugtriebwerk der ersten Generation (Turboméca Marboré) unter Berücksichtigung der Unterschiede zu modernen Bauweisen |
| 13. Inhalt: | • theoretische Vorbetrachtung im Rahmen von 4 Vorlesungsterminen<br>• Vortestat zur Vorbereitung auf den praktischen Seminarteil<br>• Demontage, Inspektion und Montage eines Turboflugtriebwerks erster Generation (Turboméca Marboré) in Kleingruppen an einem Nachmittagstermin inkl. Anfertigung eines Protokolls<br>• Konstruktions- und Zeichenaufgabe<br>• schriftlicher Test |
| 14. Literatur: | Vorlesungsfolien, Zeichnungssatz |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 414601 Seminar Projektseminar: Konstruktion - Luftfahrtantriebe |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (22h Präsenzzeit, 68h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 41461 Projektseminar: Konstruktion - Luftfahrtantriebe (BSL), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Beamer, Zeichnungssatz, Labor (unter Anleitung) |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 39910 Projektseminar: Simulationstechnik - Statik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060600055 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Christian Messe |
| 9. Dozenten: | Christian Messe |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009, 6. Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer IV: Projektseminare<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 6. Semester<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer IV: Projektseminare<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011, 6. Semester<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012, . Semester<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014, . Semester<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | • 060100001 Numerische Simulation |
| 12. Lernziele: | Ziel dieser Veranstaltung ist es, das Entwickeln und Pflegen eines Finiten Elemente Codes zu erlernen. Die Studierenden erhalten zudem eine detaillierte Einführung in die Finite Elemente Theorie, und erlernen Möglichkeiten und Grenzen derselben. |
| 13. Inhalt: | Anhand der kommerziellen Programmiersprache MATLAB erlernen die Studierenden die Herleitung und Visualisierung von mehrdimensionalen Interpolationspolyomen. Zusätzlich werden Verfahren zur numerischen Integration besprochen. Darauf aufbauend erlernen die Studierenden die Diskretisierung und Implementierung eines zweidimensionalen Wärmeleitungsproblems.<br><br>Am Beispiel des Querschnitts einer gekühlten Triebwerksbrennkammer erstellen die Studierenden unter Anleitung einen einfachen Finiten Elemente Code. Das Programm wird schrittweise um typische Fragestellungen der Finiten Elemente Methode wie Nichtlinearitäten und explizite und implizite Zeitschrittverfahren erweitert.<br><br>Als Beispiel aus der Statik wird der Zugversuch einer Scheibe mit Loch simuliert. Wieder entwickeln die Studierenden unter Anleitung einen einfachen Finiten Elemente Code zur Lösung dieses Problems. Dieser wird anschließend um eine Nachlaufrechnung erweitert, mit der zum Beispiel die Van-Mises-Vergleichsspannungen berechnet werden. |

| | |
|---|---|
| | Abschließend wird ein Überblick über weiterführende Themen der Programmiertechnik wie Speicheroptimierung und Objektorientierung gegeben. |
| 14. Literatur: | Programmhandbücher, Tutorials,<br>Aufgabenbeschreibung, ergänzende Literatur zu den jeweiligen Seminaraufgaben |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 399101 Seminar Projektseminar: Simulationstechnik - Statik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | 90h (10h Präsenzzeit, 80h Selbststudium) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 39911 Projektseminar: Simulationstechnik - Statik - Hausarbeit (BSL), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0<br>• 39912 Projektseminar: Simulationstechnik - Statik - Referat (BSL), schriftlich, eventuell mündlich, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | Vorlesung, einführende Gruppenübungen, Rechnerübungen, Sprechstunden |
| 20. Angeboten von: | Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen |

# Modul: 51630 Umweltaerodynamik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 0601101171 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 3.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 2.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Bernd Peters |
| 9. Dozenten: | Bernd Peters |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | Strömungslehre |
| 12. Lernziele: | Die Studenten sind vertraut mit:<br>• der Entstehung der atmosphärischen Luftströmung<br>• der statistischen Beschreibung der atmosphärischen Grenzschicht<br>• der Strömungstopologie um komplexe Strukturen (Brücken, Gebäude, etc.) in turbulenter Anströmung<br>• der Ermittlung statischer und dynamischer Windlasten an Bauwerken<br>Anhand dieser Kenntnisse können die Studierenden :<br>• unerwünschte Strömungsphänomene in der Gebäudeaerodynamik, wie z.B. winderregte Schwingungen an Baustrukturen, detektieren<br>• beurteilen, wo an Gebäuden oder stumpfen Körpern die maximalen Windlasten auftreten und wie groß diese in etwa ausfallen<br>• Lösungsvorschläge zur Minimierung von Windlasten oder Verhinderung unerwünschter Strömungseffekte unterbreiten |
| 13. Inhalt: | • Einführung in die Grundbegriffe der Meteorologie<br>• statistische Beschreibung der Turbulenz<br>• Begriff der Korrelation<br>• Umströmung von starren und elastischen Bauwerken und -strukturen mit abgelöster Strömung<br>• Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre durch turbulente Dispersion<br>• Einführung in experimentelle Simulation und Messverfahren |
| 14. Literatur: | • Sockel, H.: Aerodynamik der Bauwerke; 1984<br>• Ruscheweyh, H.: Dynamische Windwirkung an Bauwerken; 1982<br>• Simiu, E.: Wind Effects on Structures; 1996<br>• Holmes, J.: Wind Loading of Structures; 2007<br>• Etling, D.: Theoretische Meteorologie; 2008<br>• Blackadar, A.: Turbulence and Diffusion in the Atmosphere; 1997 |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | 516301 Vorlesung Umweltaerodynamik |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Gesamt: 90 h (Präsenzzeit 28, Selbststudium 62 h) |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | 51631 Umweltaerodynamik (BSL), mündliche Prüfung, 20 Min., Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |

| | |
|---|---|
| 19. Medienform: | Tafelanschrieb, Overhead-Projektor, PowerPoint |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 48050 Zerstörungsfreie Prüfung

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 041711024 | 5. Moduldauer: | 2 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 6.0 LP | 6. Turnus: | jedes 2. Semester, SoSe |
| 4. SWS: | 4.0 | 7. Sprache: | Deutsch |

| | |
|---|---|
| 8. Modulverantwortlicher: | Univ.-Prof. Christian Bonten |
| 9. Dozenten: | Gerhard Busse |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: | B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Schlüsselqualifikationen fachaffin<br>→ Wahlpflichtmodul Modulcontainer II: Kursveranstaltungen<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2009<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>B.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2011<br>→ Vorgezogene Master-Module<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2012<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen<br>M.Sc. Luft- und Raumfahrttechnik, PO 2014<br>→ Wahlmodule<br>→ Ergänzungsmodule<br>→ Fachaffine Schlüsselqualifikationen |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: | |
| 12. Lernziele: | Die Studierenden sind mit dem Prinzip und den typischen Anwendungsbereichen der einzelnen zerstörungsfreien Prüfverfahren vertraut, sie kennen die Besonderheiten, so dass sie die am besten geeigneten Verfahren für spezifische Anwendungen auswählen und die damit erzielten Ergebnisse zuverlässig interpretieren können. Sie sind nach den Übungen und dem Praktikum in der Lage, bauteil- und werkstoffspezifisch das optimale zerstörungsfreie Prüfverfahren (ZfP) auszuwählen, im Prüflabor auf vorgegebene Bauteile anzuwenden, den Messablauf zu protokollieren, das Ergebnis zu interpretieren und die Genauigkeit der Aussage zu quantifizieren. Sie sind in der Lage, die werkstoffspezifischen Fehler zu klassifizieren und auch zu charakterisieren. Sie wissen, worauf es bei Messungen mit dem jeweiligen Prüfverfahren ankommt (Messtechnikaspekt) und können die benötigten einzelnen messtechnischen Komponenten auswählen und bedienen. |
| 13. Inhalt: | Nach der Aufbereitung der Grundlagen von Schwingungen und Wellen werden die modernen zerstörungsfreien Prüfverfahren (ZfP) vorgestellt, und zwar geordnet nach elektromagnetischen<br>Wellen, elastischen Wellen (linear und nichtlinear) und dynamischem Wärmetransport (z.B. Lockin-Thermografie). Zu jedem Verfahren wird das zugrunde liegende physikalische Prinzip erläutert, Vorteile und Einschränkungen und schließlich typische Anwendungsbeispiele an industrierelevanten Bauteilen.<br>Die Übungen folgen inhaltlich dem Aufbau der Vorlesung. Demzufolge werden konkrete Beispiele aus dem Grundlagenbereich der Schwingungen und Wellen gerechnet. Anschließend werden zu jedem Verfahren aus dem Bereich der elektromagnetischen und elastischen Wellen und dem dynamischen Wärmetransport Beispiele quantitativ detailliert und behandelt. Hierbei wird nicht nur der Vorlesungsstoff |

| | |
|---|---|
| | vertieft, sondern inhaltlich Vorbereitungsarbeit für das anspruchsvolle ZfP-Praktikum geleistet. Dieses besteht aus den Versuchen:<br>• Wellenmesstechnik,<br>• optische Messverfahren (Interferometrie und Mikroskopie)<br>• Vibrometrie / Utraschall<br>• elastic waves<br>• passive Thermografie,<br>• aktive Thermografie<br>und folgt inhaltlich dem Aufbau der Vorlesung und der Übungen. Die Verfahren werden jeweils auf konkrete praxisrelevante Beispiele angewendet, typische Ergebnisse erzielt und interpretiert. |
| 14. Literatur: | Detailliertes Vorlesungsskript; Übungsaufgaben; Ausführliche Praktikumsanleitungen auf Homepage und in ILIAS; Handbook of nondestructive evaluation, Charles J. Hellier, McGraw-Hill, Inc., 2001, ISBN: 0-07-028121-1; Nondestructive testing, Lous Cartz, ASM Int., 1995, ISBN: 0-87170-517-6; Spezielle und aktuelle Veröffentlichungen, die im Laufe der Vorlesungen verteilt werden. Weiterführende Literaturzitate. |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: | • 480501 Vorlesung Zerstörungsfreie Prüfung<br>• 480502 Praktikum Zerstörungsfreie Prüfung<br>• 480503 Übung zum Praktikum Zerstörungsfreie Prüfung |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: | Präsenzzeit:<br>Vorlesung: 28 Stunden<br>Übungen: 14 Stunden<br>Praktikum: 14 Stunden<br><br>Selbststudium:<br>Vorlesung: 62 Stunden<br>Übungen: 31 Stunden<br>Praktikum: 31 Stunden<br><br>**Summe: 180 Stunden** |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: | • 48051 Zerstörungsfreie Prüfung (PL), mündliche Prüfung, 60 Min., Gewichtung: 1.0<br>• 48052 Zerstörungsfreie Prüfung (USL) (USL), Sonstiges, Gewichtung: 1.0 |
| 18. Grundlage für ... : | |
| 19. Medienform: | |
| 20. Angeboten von: | |

# Modul: 80640 Masterarbeit Luft- und Raumfahrttechnik

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. Modulkürzel: | 060000100 | 5. Moduldauer: | 1 Semester |
| 3. Leistungspunkte: | 30.0 LP | 6. Turnus: | jedes Semester |
| 4. SWS: | 0.0 | 7. Sprache: | - |

| |
|---|
| 8. Modulverantwortlicher: |
| 9. Dozenten: |
| 10. Zuordnung zum Curriculum in diesem Studiengang: |
| 11. Empfohlene Voraussetzungen: |
| 12. Lernziele: |
| 13. Inhalt: |
| 14. Literatur: |
| 15. Lehrveranstaltungen und -formen: |
| 16. Abschätzung Arbeitsaufwand: |
| 17. Prüfungsnummer/n und -name: |
| 18. Grundlage für ... : |
| 19. Medienform: |
| 20. Angeboten von: |