

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einführung in die Flugzeugtechnik	17
1.1 Zum Begriff Flugzeug (KLAUS ENGMANN)	17
1.2 Historische Flugzeuge (KLAUS ENGMANN)	19
1.3 Einfluss internationaler und nationaler Organisationen der Luftfahrt (WILLY FAHJE)	22
1.3.1 International Air Transport Association (IATA)	23
1.3.2 International Civil Aviation Organisation (ICAO)	24
1.3.3 European Civil Aviation Conference (ECAC)	25
1.3.4 Eurocontrol	26
1.3.5 European Aviation Safety Agency (EASA)	27
1.3.6 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)	29
1.3.7 Luftfahrt-Bundesamt (LBA)	30
1.3.8 Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU)	32
1.3.9 Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS)	34
1.3.10 Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF)	36
1.3.11 Luftfahrtbehörden der Bundesländer	38
1.4 Freigabeberechtigtes Personal im Instandhaltungsbetrieb (ANDREAS WICHTRUP-OVIE)	39
1.4.1 Beteiligte Unternehmen	39
1.4.2 Das freigabeberechtigte Personal	40
1.4.3 Freigabeumfänge innerhalb der Aircraft Maintenance Licence	42
1.5 Entwicklungsphasen (RÜDIGER GRUBE)	44
1.6 Betriebskosten (RÜDIGER GRUBE)	47
1.7 Menschliche Faktoren – Human Factors (BERNHARD FLEISCHER)	50
1.7.1 Unsicherheitsfaktor Mensch	50
1.7.2 Fehlerquelle Wartung	51
1.7.3 Einordnung des Fachgebietes Human Factors	52
1.7.4 Informationsaufnahme des Menschen	54
1.7.5 Informationsverarbeitung	58
1.7.6 Informationsspeicherung	60
1.7.7 Wahrnehmungsverzerrungen	61
1.7.8 Leistungsbeeinflussende Faktoren	63
1.7.9 Erhalt der Leistungsfähigkeit/Stressabbau	75
2 Werkstoffe (KLAUS ENGMANN)	83
2.1 Aufbau der Werkstoffe	84
2.1.1 Metalle	84
2.1.2 Nichtmetalle	90
2.2 Werkstoffnormung	104
2.3 Werkstoffeigenschaften	110

2.3.1	Elastizität	111
2.3.2	Plastizität	112
2.3.3	Festigkeit	113
2.3.4	Härte	115
2.3.5	Zähigkeit	116
2.3.6	Spezifische Zugfestigkeit	118
2.3.7	Dehngrenzenverhältnis	118
2.3.8	Dauerfestigkeit	119
2.3.9	Warmfestigkeit	120
2.3.10	Tiefziehfähigkeit	122
2.4	Werkstoffprüfung	124
2.4.1	Werkstattproben	125
2.4.2	Mechanisch-technologische Prüfverfahren	125
2.4.3	Untersuchung des mikroskopischen Aufbaus	125
2.4.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	125
2.5	Ausgewählte Werkstoffe	128
2.5.1	Aluminiumlegierungen	128
2.5.2	Stahllegierungen	140
2.5.3	Titan und Titanlegierungen	147
2.5.4	Faserverbundwerkstoffe	150
2.5.5	GLARE®	155
3	Korrosion und Oberflächenschutz (PETER BRÜCHMANN)	159
3.1	Korrosion	159
3.1.1	Korrosionsarten	162
3.1.2	Korrosionsentfernung	170
3.2	Oberflächenschutz	171
4	Umformen (KLAUS ENGMANN)	179
4.1	Kantbiegen	180
4.1.1	Kantbiegemaschine	182
4.1.2	Kantpresse	185
4.2	Verdrängen	187
4.3	Gummipressen	188
4.4	Streckziehen	189
4.5	Tiefziehen	190
4.6	Superplastisches Formen	191
4.7	CIAM-Forming	192
4.8	Warmumformen durch Schmieden	193
5	Fügen	195
5.1	Nietverbindungen	196
5.1.1	Vollniete (HORST MENTZEL)	201
5.1.2	Hi-Lok-Passniete (HORST MENTZEL)	215
5.1.3	Hi-Lite-Passniete (KLAUS ENGMANN)	221
5.1.4	Lockbolt-Passniete (HORST MENTZEL)	222
5.1.5	Taper-Lok-Passniete (KLAUS ENGMANN)	224
5.1.6	Schraubniete (HORST MENTZEL)	227
5.1.7	Blindniete (HORST MENTZEL)	230
5.2	Schweißen (KLAUS ENGMANN)	236
5.2.1	Gasschmelzschweißen	236
5.2.2	Metall-Lichtbogen-Schweißen	240

5.2.3	Wolfram-Inert-Gas-Schweißen	241
5.2.4	Elektronenstrahlschweißen	246
5.2.5	Punktschweißen	247
5.2.6	Laserstrahlschweißen	247
5.3	Kleben (KLAUS ENGMANN)	249
5.3.1	Physikalisch abbindende Klebstoffe	249
5.3.2	Chemisch reagierende Klebstoffe	249
5.3.3	Gestaltung von Klebeverbindungen	251
5.3.4	Vorbereitung von Klebeflächen	253
5.4	Schrauben und Bolzen (PETER BRÜCHMANN)	254
5.4.1	Ausführungsarten	254
5.4.2	Schraubenwerkstoffe	255
5.4.3	Beanspruchungen und Festigkeiten	257
5.4.4	Gewindeausführungen	257
5.4.5	Schrauben und Bolzen im amerikanischen Flugzeugbau	261
6	Spanen mit Werkzeugmaschinen und Automation in der Fertigung (WILLY FAHJE)	265
6.1	Spanen mit Werkzeugmaschinen	265
6.1.1	Die Werkzeugmaschine	268
6.1.2	Antriebs- und Übertragungselemente	269
6.1.3	Arbeitsbewegungen an Werkzeugmaschinen	269
6.1.4	Trennen durch Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	271
6.1.5	Schneidengeometrie	273
6.1.6	Winkelbenennung	274
6.1.7	Spanbildung	274
6.1.8	Beitrag der Zerspanungstechnologie zur Bearbeitung moderner Werkstoffe im Flugzeugbau	276
6.2	Automation in der Fertigung	277
6.2.1	Das Koordinatensystem an Werkzeugmaschinen	277
6.2.2	Steuerungsarten	278
6.2.3	Bezugspunkte im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine	279
6.2.4	Programmierung von NC-Werkzeugmaschinen	281
6.2.5	Steuern und Regeln	281
6.2.6	Bewegungseinrichtungen, Bewegungsautomaten, Industrieroboter	284
6.2.7	Computerintegrierte Fertigung (CIM)	287
6.2.8	Automatisierung im Flugzeugbau am Beispiel der Montage des Airbus-Seitenleitwerkmittelkastens	288
7	Konstruktiver Aufbau	293
7.1	Konstruktionsgruppen	293
7.1.1	Rumpfwerk (RÜDIGER GRUBE)	294
7.1.2	Tragwerk (RÜDIGER GRUBE)	298
7.1.3	Tankanlage (DETLEF VON AHLEN)	299
7.1.4	Leitwerk (RÜDIGER GRUBE)	311
7.1.5	Steuerwerk (RÜDIGER GRUBE)	312
7.1.6	Fahrwerk (BERND ZESSIN)	314
7.1.7	Gliederung und Kennzeichnung der Baugruppen (RÜDIGER GRUBE)	356
7.1.8	Massehauptgruppen und Massebegriffe (RÜDIGER GRUBE)	357
7.2	Lokalisierungsverfahren (RÜDIGER GRUBE)	359
7.2.1	Koordinatensystem	359
7.2.2	Stationspläne	360
7.2.3	Zoning-System	361

7.3	Bauweisen (RÜDIGER GRUBE)	362
7.3.2	Holm- bzw. Gurtbauweise	363
7.3.3	Schalenbauweise	364
7.3.4	Differentialbauweise	369
7.3.5	Integralbauweise	369
7.4	Bauarten (RÜDIGER GRUBE)	371
7.4.1	Fail-Safe-Methode	371
7.4.2	Safe-Life-Methode	372
7.5	Beanspruchungen von Bauteilen (RÜDIGER GRUBE)	372
7.5.1	Sicherheitsfaktoren	374
7.5.2	Statische und dynamische Ermüdungsversuche	374
7.5.3	Drucksimulation an der Rumpfstruktur	376
7.6	Wartung der Struktur (KLAUS ENGMANN)	376
8	Aerodynamik und Flugmechanik (MANFRED PORATH)	383
8.1	Aerodynamische Gesetze und Vorgänge	384
8.1.1	Kontinuitätsgesetz	384
8.1.2	Bernoulligesetz	387
8.1.3	Widerstandsgesetz	391
8.1.4	Ähnlichkeitsgesetze	396
8.2	Strömungsvorgänge am Profil	400
8.2.1	Grenzschicht und Reibungswiderstand	400
8.2.2	Auftrieb	405
8.2.3	Auftrieb und Widerstand	410
8.2.4	Aerodynamische Forderungen an die Profilform	412
8.2.5	Geometrische Bezeichnungen am Profil	413
8.2.6	Leistungsparameter des Profils	414
8.2.7	Profile für Unterschallgeschwindigkeiten	415
8.2.8	Profile für Überschallgeschwindigkeiten	425
8.3	Strömungsvorgänge am Tragflügel	429
8.3.1	Tragflügelgeometrie	430
8.3.2	Tragflügelumströmung und Strömungseinflussung	431
8.3.3	Konstruktive Maßnahmen zur Verringerung der Strömungsablösung	438
8.3.4	Auftriebserhöhende Hilfen	442
8.4	Strömungsvorgänge am Flugzeug	448
8.4.1	Schädlicher Widerstand	448
8.4.2	Interferenzwiderstand	449
8.4.3	Gesamtpolare und Gleitzahl	450
8.4.4	Widerstandserhöhende Hilfen	452
8.4.5	Der Propeller	454
8.5	Flugzustände und Flugleistungen	459
8.5.1	Horizontalflug	459
8.5.2	Gleitflug	462
8.5.3	Steigflug	464
8.5.4	Ungleichförmige Flugzeugbewegungen	466
8.6	Flugstabilität und Steuerung	470
8.6.1	Stabilitätsgrade	470
8.6.2	Stabilität in der Bewegungsrichtung	472
8.6.3	Steuerwerk	475
8.6.4	Steuerorgane (Steuerflächen)	477
8.6.5	Die Fly-by-wire-Steuerung (DETLEF VON AHLEN)	483

9	Triebwerke	489
9.1	Prinzipien der Vortriebserzeugung (RAINER HINZ-RAULFS)	489
9.1.1	Umwandlung der Motorkraft in Vortrieb	489
9.1.2	Die Schubgleichung	492
9.1.3	Der Vortriebswirkungsgrad η_V	494
9.1.4	Das Nebenstromverhältnis μ	497
9.1.5	Der Propfan	499
9.2	Vom Kolbenmotor zum Gasturbinentriebwerk (ARNE GÖPELT)	502
9.2.1	Entwicklung und Grenzen des Kolbenflugmotors	502
9.2.2	Aufbau und Wirkungsweise von Kolbenflugmotoren	504
9.3	Bauarten von Strahltriebwerken (RAINER HINZ-RAULFS)	543
9.4	Aufbau und Arbeitsweise der Triebwerkssektionen (DETLEF VON AHLEN)	556
9.4.1	Stationen des Gasturbinentriebwerks	556
9.4.2	Der modulare Aufbau der Gasturbinentriebwerke	557
9.4.3	Triebwerkseinlauf	559
9.4.4	Arbeitsweisen von Verdichtern	565
9.4.5	Antriebsleistung des Verdichters	579
9.4.6	Wirkungsgradverbesserungen von Gasturbinen	581
9.4.7	Brennkammer	593
9.4.8	Turbine	606
9.4.9	Schubdüse	624
9.4.10	Der Betrieb eines Strahltriebwerks	632
9.5	Triebwerkssysteme (DIRK RITTER)	644
9.5.1	Schmierstoffsystem	644
9.5.2	Kraftstoffsystem	655
9.5.3	Regelung der Betriebszustände	661
9.5.4	Hydromechanische Regler	663
9.5.5	Volldigitales Regelungssystem	667
9.5.6	Flugkraftstoffe	669
9.5.7	Zündsystem	672
9.6	Wartung von Triebwerken (PETER BRÜCHMANN)	674
9.6.1	Typische Wartungsvorgänge am Triebwerk	679
9.7	Emissionen (DIRK RITTER)	680
9.7.1	Lärmemission	680
9.7.2	Schadstoffemission	692
10	Hydraulikanlagen (HEINER KRÄMER)	699
10.1	Physikalische Grundbegriffe	699
10.1.1	Hydrodynamischer Druck	699
10.1.2	Hydrostatischer Druck	700
10.1.3	Hydraulische Kraftübertragung	702
10.1.4	Hydraulische Leistung	703
10.2	Energieträger im hydraulischen System	704
10.2.1	Hydraulikflüssigkeit	704
10.3	Bauelemente der Hydraulik	706
10.3.1	Tanks zur Flüssigkeitsbevorratung	706
10.3.2	Pumpen	708
10.3.3	Hydraulikmotoren	711
10.3.4	Selbsttätige Ventile	711
10.3.5	Schalt- und Regelventile	715
10.3.6	Leitungen und Verbindungen	717
10.3.7	Dichtungen	718

10.3.8	Filter	720
10.3.9	Arbeitszylinder	722
10.3.10	Akkumulatoren	723
10.4	Aufbau hydraulischer Systeme und Anlagen	724
10.4.1	Hydrauliksysteme des Flugzeuges	724
10.4.2	Spülen und Entlüften	727
10.4.3	Funktionsprüfung	728
11	Druck-/Klimaanlage (DETLEF VON AHLEN)	731
11.1	Pneumatikanlage	731
11.2	Funktionsweisen von Klimaanlagen	733
11.3	Struktur der Klimaanlage	735
11.4	Weiterleitung der Luft in die Kabine	739
11.5	Regelung der Klimapacks	741
11.6	Ventilation und Klimatisierung von Elektronik- und Frachträumen	743
11.7	Druckanlage	745
11.7.1	Sauerstoffanlage	748
11.7.2	Sauerstoffanlage des Cockpits	748
11.7.3	Sauerstoffanlage der Passagierkabine	749
11.8	Regelung des Kabinendrucks	749
12	Helikopter (BERND ZESSIN)	753
12.1	Zum Begriff Helikopter	753
12.1.1	Bauarten der Drehflügler	753
12.1.2	Antriebsarten des Helikopterrotors	755
12.1.3	Anordnung der Rotoren	757
12.2	Grundlagen der Helikoptersteuerung	758
12.3	Aerodynamik des Helikopters	760
12.3.1	Rotorströmung im Vertikalflug	760
12.3.2	Rotorströmung im Horizontalflug	765
12.3.3	Steuerung des Helikopters mit dem Rotor	771
12.3.4	Geschwindigkeitsbegrenzung des Helikopters	777
12.3.5	Unterschied zwischen Hubschrauber- und Tragschrauberzustand (Autorotation)	779
12.3.6	Roll- und Nickmoment zwischen Rotor und Rumpf	781
12.4	Mechanik des Helikopters	782
12.4.1	Mechanik des Rotorkopfes	782
12.4.2	Aufbau und Wirkungsweise der kardanisch gelagerten Taumelscheibe	786
12.4.3	Aufbau und Wirkungsweise des Mischhebelgetriebes	787
12.4.4	Drehmomentenausgleich und Richtungssteuerung	788
12.4.5	Aufbau des Heckrotors	789
12.4.6	Planetengetriebe	791
12.5	Bauweisen der Rotorblätter	793
13	Instrumente (BERND ZESSIN)	795
13.1	Einordnung der Instrumente	795
13.2	Herkömmliche Instrumente	796
13.2.1	Barometrische Instrumente	796
13.2.2	Kreiselgeräte	810
13.2.3	Magnetkompass (Magnetic Compass)	821
13.2.4	Instrumenten-Landesystem	825
13.2.5	Anstellwinkelgeber	827

13.3	Instrumente neuerer Technologie	828
13.3.1	Elektronisches Instrumentensystem	828
13.3.2	Laserkreisel	834
13.4	Grundlagen der Navigation	837
14	Elektrische Energieversorgung	841
14.1	Spannungsversorgung in Bordnetzen (TORGÉ VOSS)	843
14.1.1	Spannungsversorgung in Bordnetzen mit primärer Gleichspannungsversorgung	843
14.1.2	Spannungsversorgung in Bordnetzen mit primärer Wechselspannungsversorgung	855
14.1.3	Notstromversorgung in DC- und AC-Bordnetzen	862
14.2	Elektrische Energieverteilung (CARSTEN-MICHAEL WASCHK)	864
14.2.1	Struktur des Netzes	865
14.2.2	Leitungen und Kabel	868
14.3	Elektrische Verbraucher (GERNOT FRIES)	878
14.3.1	Beleuchtung	879
14.3.2	Wärmeerzeuger	885
14.3.3	Elektrische Maschinen	888
14.3.4	Elektronische Systeme und weitere Verbraucher	892
14.4	Überwachung und Steuerung von Bordnetzen (MATTHIAS JÜRGENS)	894
14.4.1	Anzeige- und Bedienelemente im Cockpit A 320	897
14.4.2	Komponenten zur Steuerung des Bordnetzes	904
	Quellenverzeichnis	911
	Stichwortverzeichnis	913