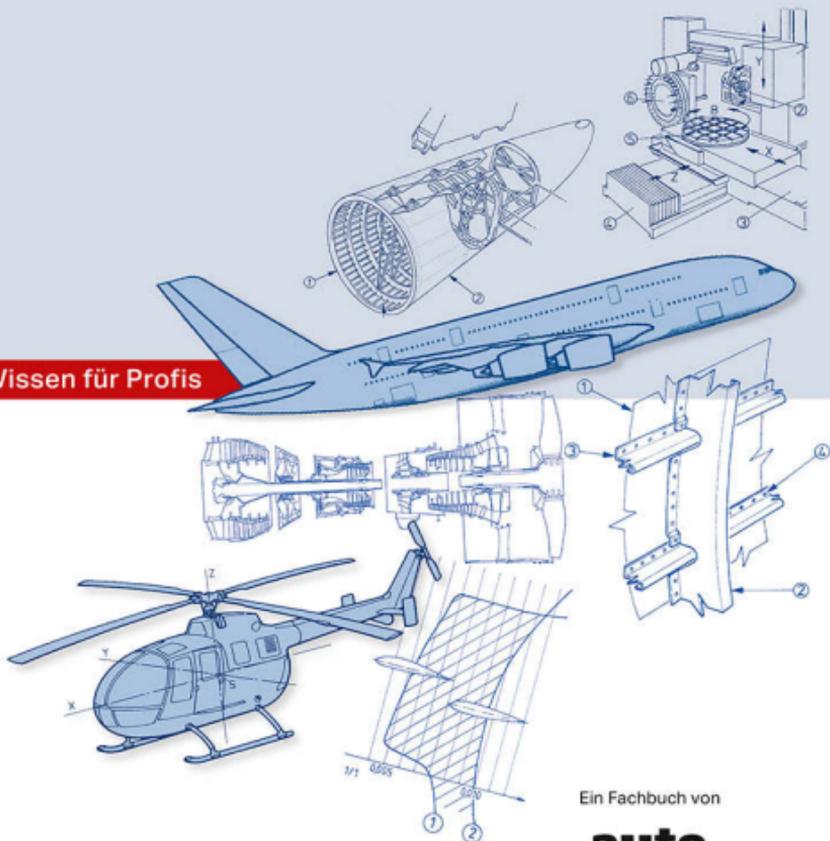


KLAUS ENGMANN (HRSG.)

TECHNOLOGIE DES FLUGZEUGES

Wissen für Profis



Ein Fachbuch von

auto
FACHMANN

Klaus Engmann (Hrsg.)

Technologie des Flugzeuges

Klaus Engmann (Hrsg.)

Technologie des Flugzeuges

7., neu bearbeitete und erweiterte Auflage



Die Informationen im vorliegenden Buch werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt. Texte und Abbildungen wurden mit größter Sorgfalt zusammengestellt, dennoch sind Fehler nicht auszuschließen. Verlag, Herausgeber und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Weitere Informationen:

www.autofachmann.de/buch

<https://kfz-fachbuch.de>

 www.facebook.com/vogel.fachbuecher

ISBN 978-3-8343-3423-7

7. Auflage. 2019

Die 1. und 2. Auflage erschienen im Leuchtturm-Verlag (LTV), Alsbach.

Alle Rechte, auch der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlags reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Hiervon sind die in §§ 53, 54 UrhG ausdrücklich genannten Ausnahmefälle nicht berührt.

Printed in Germany

Copyright 2007 by Vogel Communications Group GmbH & Co. KG, Würzburg

Vorwort

Dem an luftfahrttechnischer Literatur interessierten Leser ist hinlänglich bekannt, dass für die Bereiche Flugzeugtypenkunde oder Fliegerei zahlreiche Veröffentlichungen vorliegen. Über zeitgemäßen Flugzeugbau dagegen, unter dem Gesichtspunkt moderner industrieller Fertigungs-, Reparatur- und Wartungsmethoden, versucht man häufig vergeblich etwas zu finden. Neue Methoden in der Entwicklung und Konstruktion von Flugzeugen, moderne Fertigungstechnologien, die Entwicklung neuer metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe bzw. neuer Verbundstoffe, neue Sicherheitsphilosophien und durchdachte Wartungskonzeptionen lassen aber eine gründliche Bearbeitung dieses Bereichs für dringend erforderlich erscheinen.

Angeregt durch Informationsgespräche zur kooperativen Berufsausbildung zwischen Vertretern der Hamburger Luftwerft der Deutschen Lufthansa AG, des Hamburger Unternehmensbereichs der Deutschen Aerospace Airbus sowie der Hamburger Gewerbeschule für Fertigungs- und Flugzeugtechnik entschloss man sich, diesem Mangel abzuhelpfen. Die im Raum Hamburg in der betrieblichen und schulischen Aus- und Weiterbildung tätigen Diplomingenieure, Meister und Gewerbelehrer beschlossen, diese Aufgabe gemeinsam anzupacken.

Das vorliegende Buch ist als Ergänzung zu bereits erschienenen Werken gedacht, die die Grundbildung im metallverarbeitenden Gewerbe zum Gegenstand haben. Es ist den besonderen Lernzielen im Bereich der flugzeugtechnischen Ausbildungsberufe Fluggerätbauer/in, Fluggerätmechaniker/in und Flugtriebwerkmechaniker/in verpflichtet und wendet sich daher besonders an alle Auszubildenden der genannten Berufe. Darüber hinaus will es jedoch auch ein Lehrbuch sein für Kurssteilnehmer betrieblicher und überbetrieblicher Umschulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen.

Dass nach längerer Pause nun für die bereits genannte Zielgruppe dieses Lehrbuch erscheinen kann, ist insbesondere der Initiative und unermüdlichen Einsatzbereitschaft meines ehemaligen Schülers und heutigen Kollegen Klaus Engmann zu danken. Dem Buch wünsche ich einen guten Start und eine dem anspruchsvollen Unternehmen entsprechende Aufnahme durch ein fachkundiges bzw. zum Fachmann auszubildendes Publikum.

Peter Meier †

Anmerkung des Herausgebers:

Ich bin sehr betroffen, dass Peter Meier, der in besonderem Maße sowohl die Vorbereitung als auch die Erstellung des Manuskriptes mit seinem fachkundigen Rat begleitete und unterstützte, das Erscheinen dieses Lehrbuches nicht mehr erleben konnte.

Bedingt durch die Neuordnung der flugzeugtechnischen Berufe haben sich die Berufsbezeichnungen geändert. Es sind die Berufe Fluggerätmechaniker/Fachrichtung Fertigungstechnik, Fluggerätmechaniker/Fachrichtung Instandhaltungstechnik, Fluggerätmechaniker/Fachrichtung Triebwerkstechnik und Elektroniker für Luftfahrttechnische Systeme.

Unser Onlineservice **InfoClick** (Zugang siehe Buchanfang) bietet ein Glossar mit Begriffserklärungen und Abkürzungen sowie zusätzliche Informationen und Aktualisierungen zum Buch. Außerdem finden sich hier sämtliche Lösungen zu den Übungsaufgaben der jeweiligen Kapitel.

Hamburg

Klaus Engmann

Autoren-Übersicht

Herausgeber:

Klaus Engmann ehem. Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Autoren

Detlef von Ahlen ehem. Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Peter Brüchmann ehem. Lufthansa Technical Training Hamburg

Klaus Engmann ehem. Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Willy Fahje ehem. Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Bernhard Fleischer Berufskolleg für Technik und Medien Mönchengladbach

Gernot Fries Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Arne Göpelt Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Prof. Dr. Rüdiger Grube International Business Leadership GmbH Hamburg
Chairman LAZARD

Rainer Hinz-Raulfs ehem. Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Heiner Krämer ehem. Lufthansa Technical Training Hamburg

Stephan Mayer Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Horst Mentzel ehem. Airbus Operations GmbH Hamburg

Manfred Porath ehem. Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Dirk Ritter ehem. Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Torge Voss Gemeinschaftsschule Kellinghusen

Carsten-Michael Waschk Berufliche Schule des Kreises Ostholstein

Andreas Wichtrup-Ovie Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Bernd Zessin ehem. Berufliche Schule Gesundheit Luftfahrt Technik Hamburg

Bei der Erstellung der Beiträge war es uns möglich, Schulungsunterlagen sowie Ausbildungsmittel der Airbus Operations GmbH und der Lufthansa Technical Training zu benutzen. Außerdem wurden wir durch zahlreiche Informationen und Anregungen zu didaktisch aufbereiteten flugzeugtechnischen Themen von Kollegen der Beruflichen Schule Gesundheit Luftfahrt Technik unterstützt. Hierfür danken wir. Wir bedanken uns auch bei **Oskar Thomas** (Lufthansa Technical Training) und **Erwin Hein** (Airbus Operations GmbH), die uns bei der Realisierung dieses Buches in besonderem Maße halfen.

Der gleiche Dank geht an **Rudolf Jany** (Airbus Operations GmbH) und **Franz Skibowski** (Lufthansa Technical Training) sowie **Michael Paarman** (Lufthansa Technical Training).

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Autoren-Übersicht	7
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 (Legislation) (WILLY FAHJE)	24
1.3.1 International Air Transport Association (IATA)	24
1.3.2 International Civil Aviation Organisation (ICAO)	25
1.3.3 European Civil Aviation Conference (ECAC)	26
1.3.4 Eurocontrol	27
1.3.5 European Aviation Safety Agency (EASA)	28
1.3.6 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)	29
1.3.7 Luftfahrt-Bundesamt (LBA)	30
1.3.8 Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU)	33
1.3.9 Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS)	34
1.3.10 Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF)	37
1.3.11 Luftfahrtbehörden der Bundesländer	39
1.4 Freigabeberechtigtes Personal im Instandhaltungsbetrieb (ANDREAS WICHTRUP-OVIE)	40
1.4.1 Beteiligte Unternehmen	40
1.4.2 Das freigabeberechtigte Personal	41
1.4.3 Freigabeumfänge innerhalb der Aircraft Maintenance Licence	43
1.5 Entwicklungsphasen (RÜDIGER GRUBE)	45
1.6 Betriebskosten (RÜDIGER GRUBE)	48
1.7 Menschliche Faktoren – Human Factors (BERNHARD FLEISCHER)	52
1.7.1 Unsicherheitsfaktor Mensch	52
1.7.2 Fehlerquelle Wartung	53
1.7.3 Einordnung des Fachgebietes Human Factors	54
1.7.4 Informationsaufnahme des Menschen	56
1.7.5 Informationsverarbeitung	59
1.7.6 Informationsspeicherung und Erinnerungsfehler	61
1.7.7 Wahrnehmungsverzerrungen	64
1.7.8 Leistungsbeeinflussende Faktoren	65
1.7.9 Erhalt der Leistungsfähigkeit/Stressabbau	78
2 Werkstoffe (KLAUS ENGMANN)	87
2.1 Aufbau der Werkstoffe	87
2.1.1 Metalle	88
2.1.2 Nichtmetalle	94
2.2 Werkstoffnormung	108
2.3 Werkstoffeigenschaften	113
2.3.1 Elastizität	114
2.3.2 Plastizität	115

2.3.3	Festigkeit	116
2.3.4	Härte	118
2.3.5	Zähigkeit	119
2.3.6	Spezifische Zugfestigkeit	120
2.3.7	Dehngrenzenverhältnis	121
2.3.8	Dauerfestigkeit	122
2.3.9	Warmfestigkeit	122
2.3.10	Tiefziehfähigkeit	125
2.4	Werkstoffprüfung	126
2.4.1	Werkstattproben	127
2.4.2	Mechanisch-technologische Prüfverfahren	127
2.4.3	Untersuchung des mikroskopischen Aufbaus	127
2.4.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	127
2.5	Ausgewählte Werkstoffe	130
2.5.1	Aluminiumlegierungen	130
2.5.2	Stahllegierungen	142
2.5.3	Titan und Titanlegierungen	149
2.5.4	Faserverbundwerkstoffe	152
2.5.5	GLARE®	157
3	Korrosion und Oberflächenschutz (PETER BRÜCHMANN)	161
3.1	Korrosion	161
3.1.1	Korrosionsarten	164
3.1.2	Korrosionsentfernung	171
3.1.3	Korrosion an Oldtimerflugzeugen	172
3.2	Oberflächenschutz	176
4	Umformen (KLAUS ENGMANN)	185
4.1	Kantbiegen	186
4.1.1	Kantbiegemaschine	188
4.1.2	Kantpresse	190
4.2	Verdrängen	193
4.3	Gummipressen	194
4.4	Streckziehen	194
4.5	Tiefziehen	196
4.6	Superplastisches Formen	197
4.7	CIAM-Forming	197
4.8	Warmumformen durch Schmieden	198
5	Fügen	201
5.1	Nietverbindungen	202
5.1.1	Vollniete (HORST MENTZEL)	207
5.1.2	Hi-Lok-Passniete (HORST MENTZEL)	220
5.1.3	Hi-Lite-Passniete (KLAUS ENGMANN)	226
5.1.4	Lockbolt-Passniete (HORST MENTZEL)	227
5.1.5	Taper-Lok-Passniete (KLAUS ENGMANN)	229
5.1.6	Schraubniete (HORST MENTZEL)	232
5.1.7	Blindniete (HORST MENTZEL)	235

5.2	Schweißen (KLAUS ENGMANN)	241
5.2.1	Gasschmelzschweißen	241
5.2.2	Metall-Lichtbogen-Schweißen	245
5.2.3	Wolfram-Inert-Gas-Schweißen	246
5.2.4	Elektronenstrahlschweißen	251
5.2.5	Punktschweißen	251
5.2.6	Laserstrahlschweißen	252
5.3	Kleben (KLAUS ENGMANN)	253
5.3.1	Physikalisch abbindende Klebstoffe	254
5.3.2	Chemisch reagierende Klebstoffe	254
5.3.3	Gestaltung von Klebeverbindungen	256
5.3.4	Vorbereitung von Klebeflächen	257
5.4	Schrauben und Bolzen (PETER BRÜCHMANN)	259
5.4.1	Ausführungsarten	259
5.4.2	Schraubenwerkstoffe	260
5.4.3	Beanspruchungen und Festigkeiten	262
5.4.4	Gewindeausführungen	263
5.4.5	Schrauben und Bolzen im amerikanischen Flugzeugbau	266
6	Spanen mit Werkzeugmaschinen und Automation in der Fertigung (WILLY FAHJE)	271
6.1	Spanen mit Werkzeugmaschinen	271
6.1.1	Die Werkzeugmaschine	273
6.1.2	Antriebs- und Übertragungselemente	274
6.1.3	Arbeitsbewegungen an Werkzeugmaschinen	275
6.1.4	Trennen durch Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	276
6.1.5	Schneidengeometrie	278
6.1.6	Winkelbenennung	278
6.1.7	Spanbildung	279
6.1.8	Beitrag der Zerspanungstechnologie zur Bearbeitung moderner Werkstoffe im Flugzeugbau	281
6.2	Automation in der Fertigung	282
6.2.1	Das Koordinatensystem an Werkzeugmaschinen	282
6.2.2	Steuerungsarten	283
6.2.3	Bezugspunkte im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine	284
6.2.4	Programmierung von NC-Werkzeugmaschinen	284
6.2.5	Steuern und Regeln	286
6.2.6	Bewegungseinrichtungen, Bewegungsautomaten, Industrieroboter	288
6.2.7	Computerintegrierte Fertigung (CIM)	290
6.2.8	Automatisierung am Beispiel der Montage des Airbus-Seitenleitwerkmittelkastens	292
6.2.9	Industrie 4.0 und Digitalisierung	295
6.2.10	Additive Layer Manufacturing (ALM), 3D-Druck	297
7	Konstruktiver Aufbau (RÜDIGER GRUBE)	301
7.1	Konstruktionsgruppen	301
7.1.1	Rumpfwerk	302
7.1.2	Tragwerk	305
7.1.3	Tankanlage (DETLEF VON AHLEN)	307
7.1.4	Leitwerk	317
7.1.5	Steuerwerk	319

7.1.6	Fahrwerk (BERND ZESSIN)	320
7.1.7	Gliederung und Kennzeichnung der Baugruppen	360
7.1.8	Massehauptgruppen und Massebegriffe	361
7.2	Lokalisierungsverfahren	363
7.2.1	Koordinatensystem	363
7.2.2	Stationspläne	364
7.2.3	Zoning-System	364
7.3	Bauweisen	365
7.3.1	Fachwerkbauweise	366
7.3.2	Holm- bzw. Gurtbauweise	367
7.3.3	Schalenbauweise	368
7.3.4	Differentialbauweise	372
7.3.5	Integralbauweise	372
7.4	Bauarten	374
7.4.1	Fail-Safe-Methode	374
7.4.2	Safe-Life-Methode	375
7.4.3	Damage-Tolerance-Methode	375
7.5	Beanspruchungen von Bauteilen	376
7.5.1	Sicherheitsfaktoren	377
7.5.2	Statische und dynamische Ermüdungsversuche	377
7.5.3	Drucksimulation an der Rumpfstruktur	379
7.6	Wartung der Struktur (KLAUS ENGMANN)	379
8	Aerodynamik und Flugmechanik (MANFRED PORATH)	387
8.1	Aerodynamische Gesetze und Vorgänge	388
8.1.1	Kontinuitätsgesetz	388
8.1.2	Bernoulligesetz	391
8.1.3	Widerstandsgesetz	396
8.1.4	Ähnlichkeitsgesetze	401
8.2	Strömungsvorgänge am Profil	404
8.2.1	Grenzschicht und Reibungswiderstand	404
8.2.2	Auftrieb	409
8.2.3	Auftrieb und Widerstand	414
8.2.4	Aerodynamische Forderungen an die Profilform	415
8.2.5	Geometrische Bezeichnungen am Profil	416
8.2.6	Leistungsparameter des Profils	417
8.2.7	Profile für Unterschallgeschwindigkeiten	418
8.2.8	Profile für Überschallgeschwindigkeiten	426
8.3	Strömungsvorgänge am Tragflügel	431
8.3.1	Tragflügelgeometrie	431
8.3.2	Tragflügelumströmung und Strömungsbeeinflussung	433
8.3.3	Konstruktive Maßnahmen zur Verringerung der Strömungsablösung	440
8.3.4	Auftriebserhöhende Hilfen	443
8.4	Strömungsvorgänge am Flugzeug	449
8.4.1	Schädlicher Widerstand	449
8.4.2	Interferenzwiderstand	451
8.4.3	Gesamtpolare und Gleitzahl	452
8.4.4	Widerstandserhöhende Hilfen	453
8.4.5	Der Propeller	455

8.5	Flugzustände und Flugleistungen	459
8.5.1	Horizontalflug	460
8.5.2	Gleitflug	463
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	474
8.6.4	Steuerorgane (Steuerflächen)	476
8.6.5	Die Fly-by-wire-Steuerung (DETLEF VON AHLEN)	482
9	Triebwerke	487
9.1	Prinzipien der Vortriebserzeugung (RAINER HINZ-RAULFS)	487
9.1.1	Umwandlung der Motorkraft in Vortrieb	487
9.1.2	Die Schubgleichung	489
9.1.3	Der Vortriebswirkungsgrad η_V	492
9.1.4	Das Nebenstromverhältnis μ	495
9.1.5	Der Propfan	496
9.2	Vom Kolbenmotor zum Gasturbinentriebwerk (ARNE GÖPELT)	500
9.2.1	Entwicklung und Grenzen des Kolbenflugmotors	500
9.2.2	Aufbau und Wirkungsweise von Kolbenflugmotoren	502
9.3	Bauarten von Strahltriebwerken (RAINER HINZ-RAULFS)	537
9.4	Aufbau und Arbeitsweise der Triebwerkssektionen (DETLEF VON AHLEN)	549
9.4.1	Stationen des Gasturbinentriebwerks	549
9.4.2	Der modulare Aufbau der Gasturbinentriebwerke	550
9.4.3	Triebwerkseinlauf	550
9.4.4	Arbeitsweisen von Verdichtern	557
9.4.5	Antriebsleistung des Verdichters	570
9.4.6	Wirkungsgradverbesserungen von Gasturbinen	573
9.4.7	Brennkammer	584
9.4.8	Turbine	596
9.4.9	Schubdüse	612
9.4.10	Der Betrieb eines Strahltriebwerks	620
9.5	Triebwerkssysteme (DIRK RITTER)	631
9.5.1	Schmierstoffsystem	631
9.5.2	Kraftstoffsystem	641
9.5.3	Regelung der Betriebszustände	646
9.5.4	Hydromechanische Regler	648
9.5.5	Volldigitales Regelungssystem	652
9.5.6	Flugkraftstoffe	655
9.5.7	Zündsystem	657
9.6	Wartung von Triebwerken (PETER BRÜCHMANN)	659
9.6.1	Typische Wartungsvorgänge am Triebwerk	664
9.6.2	Entwicklungstendenzen bei der Wartung von Triebwerken	665
9.7	Emissionen (DIRK RITTER)	668
9.7.1	Lärmemission	668
9.7.2	Schadstoffemission	678

10 Hydraulikanlagen (HEINER KRÄMER)	685
10.1 Physikalische Grundbegriffe	685
10.1.1 Hydrodynamischer Druck	685
10.1.2 Hydrostatischer Druck	686
10.1.3 Hydraulische Kraftübertragung	688
10.1.4 Hydraulische Leistung	688
10.2 Energieträger im hydraulischen System	690
10.2.1 Hydraulikflüssigkeit	690
10.3 Bauelemente der Hydraulik	692
10.3.1 Tanks zur Flüssigkeitsbevorratung	692
10.3.2 Pumpen	692
10.3.3 Hydraulikmotoren	695
10.3.4 Selbsttätige Ventile	696
10.3.5 Schalt- und Regelventile	700
10.3.6 Leitungen und Verbindungen	702
10.3.7 Dichtungen	703
10.3.8 Filter	705
10.3.9 Arbeitszylinder	706
10.3.10 Akkumulatoren	707
10.4 Aufbau hydraulischer Systeme und Anlagen	708
10.4.1 Hydrauliksysteme des Flugzeuges	709
10.4.2 Spülen und Entlüften	710
10.4.3 Funktionsprüfung	712
11 Druck-/Klimaanlage (DETLEF VON AHLEN)	715
11.1 Pneumatikanlage	715
11.2 Funktionsweisen von Klimaanlagen	717
11.3 Struktur der Klimaanlage	718
11.4 Weiterleitung der Luft in die Kabine	723
11.5 Regelung der Klimapacks	724
11.6 Ventilation und Klimatisierung von Elektronik- und Frachträumen	725
11.7 Druckanlage	728
11.7.1 Sauerstoffanlage	730
11.7.2 Sauerstoffanlage des Cockpits	730
11.7.3 Sauerstoffanlage der Passagierkabine	731
11.8 Regelung des Kabinendrucks	731
12 Helikopter (BERND ZESSIN)	735
12.1 Zum Begriff Helikopter	735
12.1.1 Bauarten der Drehflügler	735
12.1.2 Antriebsarten des Helikopterrotors	737
12.1.3 Anordnung der Rotoren	738
12.2 Grundlagen der Helikoptersteuerung	739
12.3 Aerodynamik des Helikopters	741
12.3.1 Rotorströmung im Vertikalflug	741
12.3.2 Rotorströmung im Horizontalflug	745
12.3.3 Steuerung des Helikopters mit dem Rotor	752
12.3.4 Geschwindigkeitsbegrenzung des Helikopters	758

12.3.5 Unterschied zwischen Hubschrauber- und Tragschrauberzustand (Autorotation)	759
12.3.6 Roll- und Nickmoment zwischen Rotor und Rumpf	761
12.4 Mechanik des Helikopters	762
12.4.1 Mechanik des Rotorkopfes	762
12.4.2 Aufbau und Wirkungsweise der kardanisch gelagerten Taumelscheibe	765
12.4.3 Aufbau und Wirkungsweise des Mischhebelgetriebes	766
12.4.4 Drehmomentenausgleich und Richtungssteuerung	767
12.4.5 Aufbau des Heckrotors	768
12.4.6 Planetengetriebe	769
12.5 Bauweisen der Rotorblätter	772
13 Instrumente (BERND ZEISSIN)	775
13.1 Einordnung der Instrumente	775
13.2 Herkömmliche Instrumente	776
13.2.1 Barometrische Instrumente	776
13.2.2 Kreiselgeräte	789
13.2.3 Magnetkompass (Magnetic Compass)	799
13.2.4 Instrumenten-Landesystem	803
13.2.5 Anstellwinkelgeber	805
13.3 Instrumente neuerer Technologie	805
13.3.1 Elektronisches Instrumentensystem	805
13.3.2 Laserkreisel	811
13.4 Grundlagen der Navigation	813
14 Warnsysteme (STEPHAN MAYER)	817
14.1 Kollisionswarnsystem	817
14.2 Bodenannäherungswarnsystem	819
14.3 Wetterradar	822
14.4 Warnung vor Strömungsabriss	824
14.5 Brandmeldesystem	825
14.6 Warnung vor Eisansatz	829
15 Elektrische Energieversorgung	831
15.1 Spannungsversorgung in Bordnetzen (TORGE VOSS)	832
15.1.1 Spannungsversorgung in Bordnetzen mit primärer Gleichspannungsversorgung	833
15.1.2 Spannungsversorgung in Bordnetzen mit primärer Wechselspannungsversorgung	844
15.1.3 Notstromversorgung in DC- und AC-Bordnetzen	850
15.2 Elektrische Energieverteilung (CARSTEN-MICHAEL WASCHK)	853
15.2.1 Struktur des Netzes	853
15.2.2 Leitungen und Kabel	856
15.3 Elektrische Verbraucher (GERNOT FRIES)	866
15.3.1 Beleuchtung	868
15.3.2 Wärmeerzeuger	873
15.3.3 Elektrische Maschinen	875
15.3.4 Elektronische Systeme und weitere Verbraucher	880
Quellenverzeichnis	883
Stichwortverzeichnis	885

1 Einführung in die Flugzeugtechnik

1.1 Zum Begriff Flugzeug

Ein Luftfahrzeug, das leichter als Luft ist, fährt.

Ein Flugzeug (im weiteren Sinne) ist ein Luftfahrzeug, das aufgrund des dynamischen Auftriebs fliegt. Man unterscheidet Drehflügel- (vgl. Hubschrauber) und Starrflügelflugzeuge. Zu den **Drehflügelflugzeugen** (die DIN 9020 kennt nur den Begriff „Drehflügler“), bei denen der Auftrieb durch rotierende Tragflächen erzeugt wird, gehören Hubschrauber, Tragschrauber und Flugschrauber. Zu den **Starrflügelflugzeugen**, bei denen die auftriebserzeugenden Tragflächen fest mit dem Rumpf verbunden sind, gehören Flugzeuge (im engeren Sinne), die durch eigenen Antrieb Schub erzeugen, Motorsegler, die mit einem Hilfsantrieb versehen sind, und Segelflugzeuge, die keinen eigenen Antrieb haben (*Bild 1.1.1*).

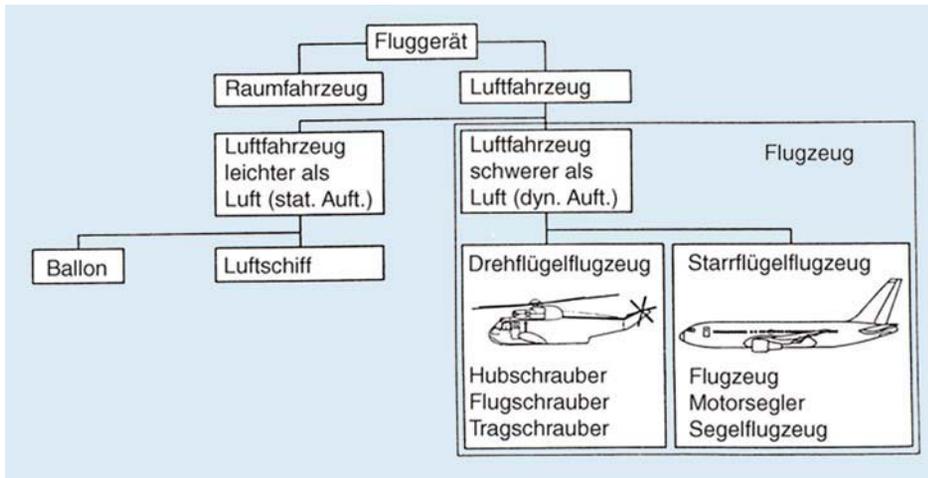


Bild 1.1.1

Übersicht der Fluggeräte

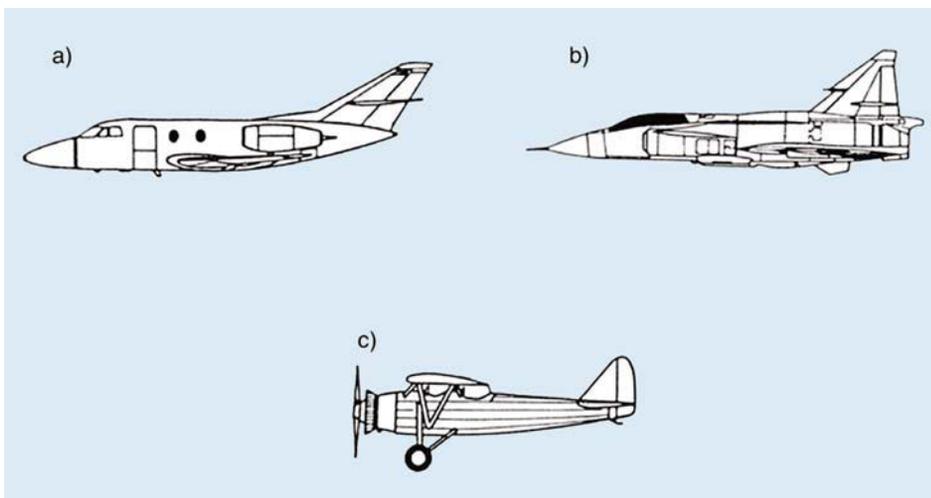


Bild 1.1.2

Einteilung nach dem Verwendungszweck
 a) Geschäftsflugzeug
 b) Militärflugzeug
 c) Sportflugzeug

Die Einteilung der Flugzeuge erfolgt nach unterschiedlichen Kriterien:

- Verwendungszweck (*Bild 1.1.2*): z.B. Verkehrs-, Reise- und Geschäftsflugzeuge; Militärflugzeuge; Schul-, Sport- und Kunstflugzeuge;
- Masseklasse (vgl. Einfluss internationaler und nationaler Organisationen der Luftfahrt);
- Start- und Landeinrichtung (*Bild 1.1.3*): Land-, Wasser- und Amphibienflugzeuge;
- Tragwerksanordnung (*Bild 1.1.4*): Hoch-, Schulter-, Mittel- und Tiefdecker;
- Tragwerksanzahl: z.B. Ein-, Anderthalb-, Doppel-, Drei- und Mehrdecker;
- Flugbereich: Kurz- (1000 km), Mittel- (1000 bis 3000 km) und Langstreckenflugzeuge (ab 3000 km);
- Antriebsart (vgl. Kapitel 9);
- Triebwerksanzahl: z.B. ein-, zwei-, drei-, vier- und mehrmotorige Flugzeuge.

Bild 1.1.3

Einteilung nach Start- und Landeinrichtung

- a) Wasserflugzeug
b) Landflugzeug

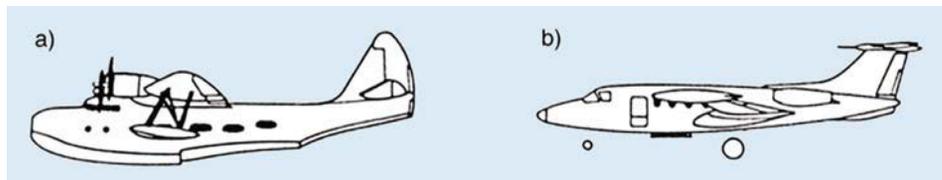
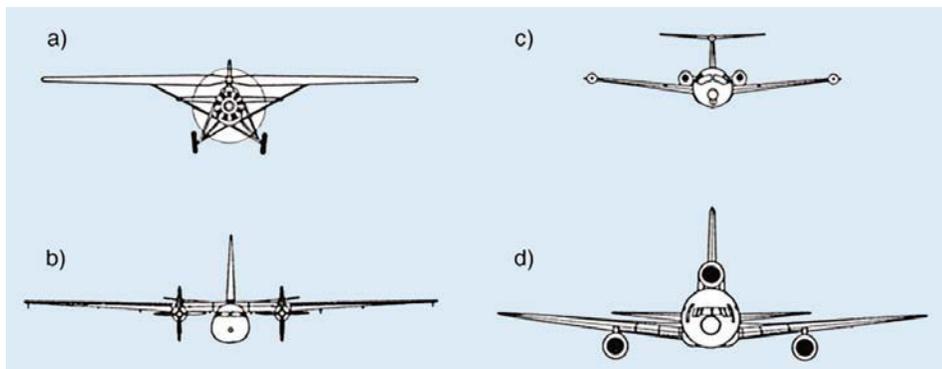


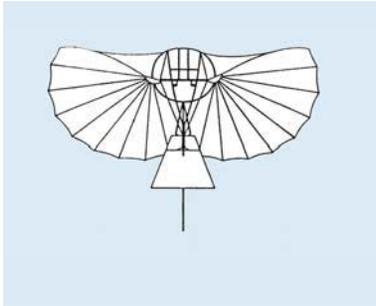
Bild 1.1.4

Einteilung nach der Tragwerksanordnung

- a) Hochdecker
b) Schulterdecker
c) Mitteldecker
d) Tiefdecker

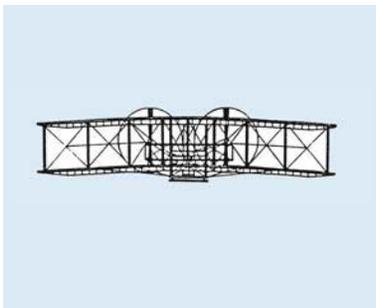


1.2 Historische Flugzeuge



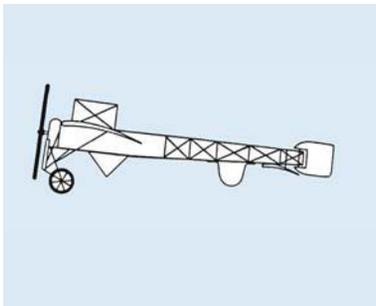
Lilienthals Gleitflugzeug, 1891

OTTO LILIENTHAL flog 1891 als erster Mensch mit einem Luftfahrzeug, das schwerer als Luft war. Während langjähriger Vorarbeit untersuchte er die Grundlagen des Vogelfluges und erkannte die Wirksamkeit gewölbter Flügel­flächen. Er entwickelte mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden Polardia­gramme (vgl. Kapitel 8), die auch heute noch zur Profil-Festlegung ange­wendet werden.



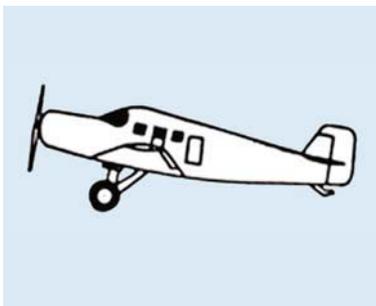
The Flyer, 1903

Die amerikanischen Gebrüder WILBUR und ORVILLE WRIGHT gelten allgemein als Erbauer des ersten Motorflugzeuges, mit dem ORVILLE WRIGHT am 17. De­zember 1903 der erste Motorflug gelang. Sie verwendeten bei der Kon­struktion des Flugzeuges die Erkenntnisse Lilienthals. Das Triebwerk, ein Vierzylinder-Reihenmotor, und die Propeller bauten sie selbst. Das Höhen­leitwerk war vor den Tragflächen angebracht. GUSTAV WHITEHEAD behauptete, bereits im Jahr 1901 den ersten Motorflug durchgeführt zu haben. Es gibt darüber jedoch nur unzureichende Nachweise.



Blériot XI „La Manche“, 1909

LOUIS BLÉRIOT schuf mit dem Blériot XI den ersten modernen Eindecker. Ihm gelang damit 1909 als Erstem die Überquerung des Ärmelkanals. Außerdem überquerte OTTO BINDER 1913 mit diesem Flugzeug als Erster die Alpen.



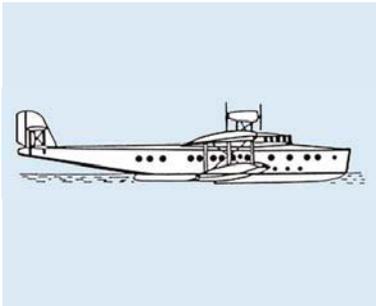
Junkers F-13, 1919

Die Junkers F-13 gilt als das erste Verkehrsflugzeug der Welt. Dieser Tief­decker mit geschlossener Kabine wurde in Ganzmetallbauweise ausgeführt. Für den Rumpf wurden Dural-Profile (vgl. in Kapitel 2 „Wärmebehandlung“) mit tragender Wellblechbeplankung benutzt. Das Holmgerüst der Tragwerke bestand aus neun Dural-Rohrholmen.



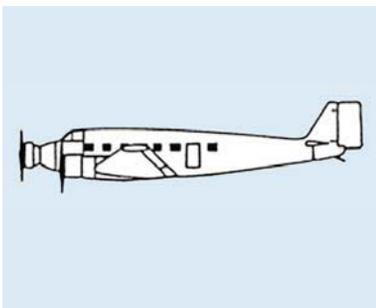
Focke-Wulf F-19 „Ente“, 1927

Einige der von Focke-Wulf gebauten Flugzeuge erhielten Werkszusatzbezeichnungen verschiedener Vogelarten. Dieses Flugzeug, bei dem das Höhenleitwerk wie auch beim Flyer vor der Tragfläche angeordnet war, bekam die Zusatzbezeichnung „Ente“. Flugzeuge, die in gleicher Anordnung gebaut werden, bezeichnet man deshalb als Entenflugzeuge. Moderne Flugzeugkonstruktionen (Speed Canard, Beech Starship, Saab Viggen) greifen dieses Prinzip wieder auf, da das Höhenleitwerk nach dieser Bauart zusätzlich Auftrieb erzeugen kann (vgl. Kapitel 8).



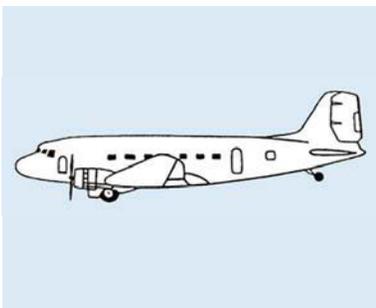
Dornier Do X, 1929

Mit einer Spannweite von 48 m und einer Länge von 40 m war die Do X das zu ihrer Zeit größte Flugzeug der Welt. Mit diesem Flugzeug wurde das Problem Großflugzeug technisch gelöst.



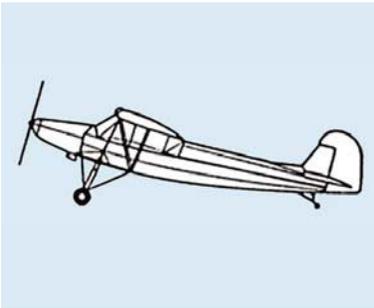
Junkers Ju 52/3, 1931

Das Standardflugzeug fast aller Luftverkehrsgesellschaften wurde mit dem sogenannten Junkers-Doppelflügel versehen, der über die gesamte Spannweite innen als Landehilfe und außen als Querruder ausgelegt war. Nach Kriegsende wurde der Bau in Spanien unter der Bezeichnung CASA 352-1 fortgesetzt. Noch 1965 waren einige Ju 52/3 im Dienst. 1984 erwarb die Deutsche Lufthansa eine 48 Jahre alte „Tante Ju“, wie das Flugzeug gerne genannt wurde. Völlig restauriert, wurde dieses Flugzeug zum 60-jährigen Bestehen der Verkehrsgesellschaft 1986 der Öffentlichkeit vorgestellt.



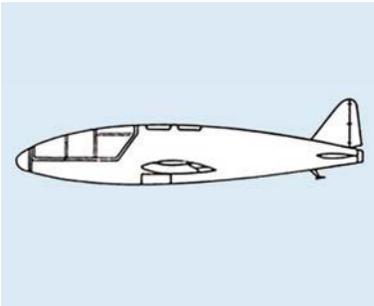
Douglas DC-3, 1936

Zu den wohl bekanntesten Verkehrsflugzeugen zählt die amerikanische DC-3 (Douglas Commercial). Es ist eines der meistgebauten Flugzeuge. Die DC-3, die bis in die 70er-Jahre ihren Dienst versah, wurde auch unter der Bezeichnung Li-2 in der Sowjetunion in Lizenz produziert.



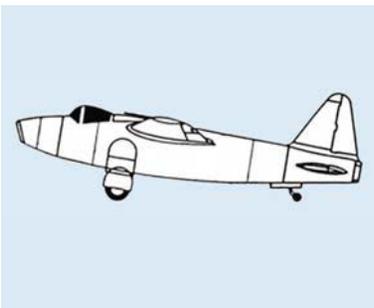
Fieseler „Storch“ Fi 156, 1937

Das erste Kurzstart- und Langsamflugzeug der Welt ist die Fi 156 (STOL = *short take-off and landing*). Dieser dreisitzige STOL-Schulterdecker benötigte eine Landegeschwindigkeit von nur 38 km/h und kam mit einer Rollstrecke von 50 m aus. Die Abkürzung VTOL steht für *vertical take-off and landing*. Das wohl bekannteste VTOL-Flugzeug (Senkrechtstarter) ist die militärische Hawker-Siddeley „Harrier“ aus England.



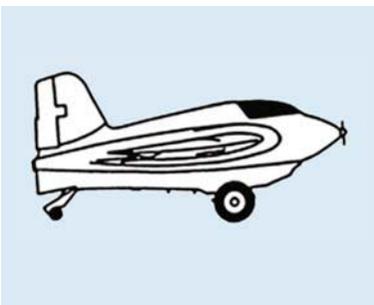
Heinkel He-176, 1939

Mit der Heinkel He-176 wurde 1939 das erste eigenstartfähige Raketenflugzeug der Welt gebaut (vgl. Kapitel 9). Dieses sehr kleine Flugzeug mit einer Spannweite von 5 m und einer Länge von 5,20 m erreichte eine Höchstgeschwindigkeit von 750 km/h.



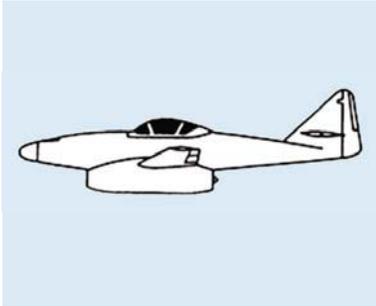
Heinkel He-178, 1939

Die Heinkel He-178 gilt als das erste **Turbinen-Luftstrahl(TL)**-Flugzeug der Welt. Das Heinkel-Hierth-Triebwerk leistete 5000 N Standschub und besaß eine Axialstufe sowie eine Radialstufe im Verdichter und eine Radialstufe in der Turbine.



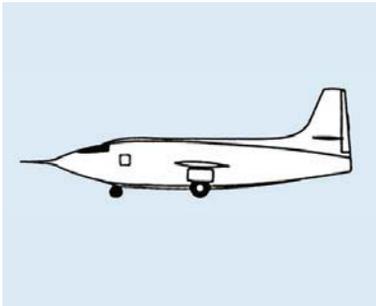
Messerschmitt Me 163 „Komet“, 1940

Die Me 163 war das erste in Serie gebaute Raketenflugzeug und gleichzeitig das erste Flugzeug, das eine Geschwindigkeit von mehr als 1000 km/h erreichte. Es hatte kein Höhenleitwerk. Klappen an den Tragflächen dienten als Querruder und gemeinsam betätigt als Höhenruder.



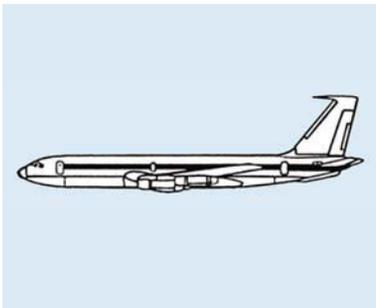
Messerschmitt Me 262, 1942

Dieses erste in Serie gebaute Flugzeug mit Turbinen-Luftstrahltriebwerk hatte 1942 seinen Erstflug. Es besaß zwei Jumo-Triebwerke mit jeweils 9000 N Schub. Die Erprobung der Zelle begann bereits 1941, allerdings mit Kolbentriebwerken.



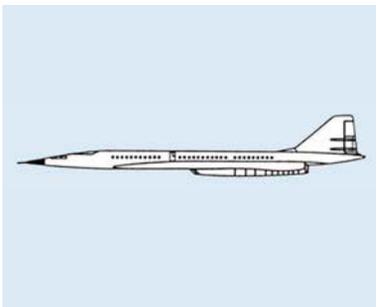
Bell X-1, 1946

Mit der Bell X-1 gelang 1947 der erste Flug mit Überschallgeschwindigkeit. Das Flugzeug konnte nicht selbst starten. Es wurde mit einer B-29 auf Höhe gebracht. Nach dem Abwurf wurde das Raketentriebwerk gezündet. Die Landung erfolgte im Gleitflug.



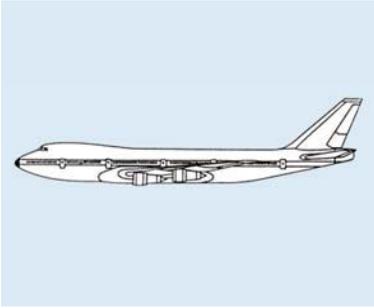
Boeing 707, 1954

Mit dem ersten Linienflug einer Boeing 707 begann für die Deutsche Lufthansa 1960 der Düsenluftverkehr. Als Langstreckenflugzeug (Intercontinental-Jet) ist dieses Flugzeug bis 1984 bei der Lufthansa im Einsatz gewesen.



Tupolew Tu-144, 1968

Die Tu-144 war das erste Überschallverkehrsflugzeug der Welt. Aufgrund des sehr hohen Treibstoffverbrauchs und wohl auch wegen Problemen mit den Triebwerken stellte die Sowjetunion 1978 den Liniendienst mit diesem Flugzeug wieder ein.



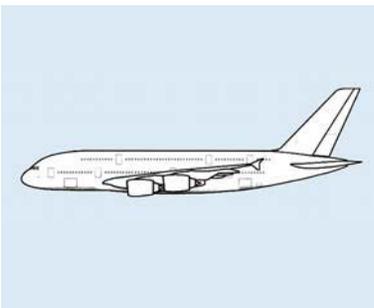
Boeing 747 „Jumbo“, 1969

Das zu seiner Zeit größte Verkehrsflugzeug der Welt mit einer Spannweite von 59,64 m, einer Länge von 70,51 m und einer Höhe von 19,33 m ist die Boeing 747. Die maximale Startmasse beträgt 362 900 kg.



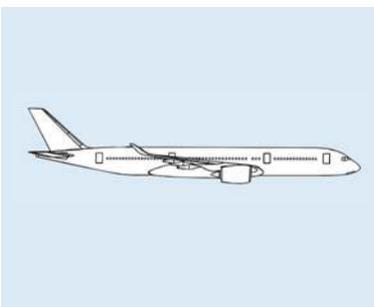
Airbus A 320, 1987

Der A 320 ist ein modernes Kurz- und Mittelstrecken-Verkehrsflugzeug. CFK (kohlefaserverstärkte Kunststoffe), transsonischer Flügel, Zwei-Mann-Cockpit mit den fortschrittlichsten Systemen der Digitaltechnik, Fly-by-wire (Steuerbewegungen werden durch Signale übertragen) und Sidestick (verkleinerte Steuerknüppel seitlich des Piloten) sind Technologien, die beim A 320 angewendet worden sind.



Airbus A 380, 2006

Der A 380 ist mit einer Länge von 73,0 m, einer Spannweite von 79,8 m und einer Höhe von 24,1 m das größte Verkehrsflugzeug der Welt. Die maximale Startmasse liegt bei 560 000 kg. Für das A380-Programm werden verschiedene innovative Fertigungstechniken, wie z.B. das Laserstrahl-Schweißverfahren, eingesetzt. Der A 380 besteht zu rund 25% aus Verbundwerkstoffen, zu 22% aus CFK und zu 3% aus GLARE[®], einem Laminat aus Aluminiumlagen im Wechsel mit GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff), das zum ersten Mal im zivilen Flugzeugbau zum Einsatz kommt.



Airbus A 350, 2013

Der A 350 ist das Verkehrsflugzeug mit dem höchsten Anteil an Verbundstoffen (ca. 50%) in der Rumpf- und Tragflächenstruktur. Als Konkurrenzmodell zur Boeing 787 entwickelt, liegt die max. Startmasse bei 270 000 kg. Das Flugzeug hat eine Länge von 65,26 m und eine Spannweite von 64,75 m. Der A350 XWB (*extra Wide Body*) verfügt über einen vollständig neuen und breiteren Rumpf, neue Hochgeschwindigkeitsflügel und neu entwickelte Triebwerke. Damit ist die Maschine pro Sitz effizienter und liegt bei den direkten Betriebskosten unter denen von Konkurrenzprodukten der gegenwärtigen Generation.

1.3 Einfluss internationaler und nationaler Organisationen der Luftfahrt (Legislation)

In allen Teilbereichen des Luftverkehrs begegnet man internationalen und nationalen Bindungen, Vorschriften und Vereinbarungen. Zu den internationalen Organisationen gehören auf der Ebene der Luftverkehrsgesellschaften (Halter) die IATA und auf Regierungsebene die ICAO. Zu den nationalen Organisationen der Luftfahrt gehören u.a. das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, das Luftfahrtbundesamt, die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, die Deutsche Flugsicherung, das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung und die Luftfahrtbehörden der Bundesländer.

1.3.1 International Air Transport Association (IATA)



Die **International Air Transport Association** (*engl.* für Internationale Flug-Transport-Vereinigung, IATA), wurde am 28. August 1919 in Den Haag als ein Dachverband der Fluggesellschaften unter dem Namen **International Air Traffic Association** gegründet. Die Gründung ein Jahr nach dem Ende des Ersten Weltkrieges gilt als Zeichen, dass die aufgrund der im Krieg erzielten technischen Fortschritte gesteigerten wirtschaftlichen Möglichkeiten des

Flugverkehrs früh erkannt wurden.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wird die IATA im April 1945 in Havanna neu gegründet. Zum Zeitpunkt ihrer Neugründung gehörten ihr 57 Mitglieder aus 31 überwiegend europäischen und nordamerikanischen Nationen an. Ihr Sitz ist in Montreal, Kanada. Das Ziel der IATA ist die Förderung des sicheren, planmäßigen und wirtschaftlichen Transportes von Menschen und Gütern in der Luft, sowie die Förderung der Zusammenarbeit aller an internationalen Lufttransportdiensten beteiligten Unternehmen. Ihr gehören heute weltweit ungefähr 275 Fluggesellschaften (Stand Oktober 2016) an, die rund 85% aller internationalen Flüge durchführen. Mitglieder der IATA sind große oder nationale Airlines, die internationale wenn nicht interkontinentale Flüge durchführen. Aber auch Flughäfen, Flugbehörden, Reisebüros, Zulieferbetriebe und Bodenabfertigungsfirmen und Firmen aus der Industrie gehören dazu. Billigflug-, reine Charterfluggesellschaften sowie Gesellschaften, die nur Inlandsflüge durchführen, sind häufig nicht Mitglieder der IATA.

In Deutschland hat die IATA ihren Sitz in Frankfurt am Main, in der Schweiz in Genf, für Österreich ist das Büro in Prag zuständig. Die IATA versucht, die Prozesse im Luftfahrtgeschäft zu vereinfachen. Dies betrifft z.B. die Vereinheitlichung der Tickets und der Gepäckbeförderung. So kann der Passagier mit einer einzigen Buchung problemlos mit mehreren Fluggesellschaften reisen und muss sich dabei auch nicht um das Gepäck kümmern. Ähnliches gilt auch für die Frachtabfertigung. Die IATA organisiert (mit Ausnahme der USA) weltweit die Abrechnung der Flugtickets, die von Reisebüros mit IATA-Lizenz ausgestellt werden. Für die Airlines erstellt sie anonymisierte Statistiken, damit sie sich mit anderen Marktteilnehmern messen können. IATA-Codes sorgen für die eindeutige Identifizierbarkeit von Flughäfen, Fluggesellschaften und Flugzeugtypen. Außerdem werden Sicherheitsstandards definiert und auch kontrolliert, die für alle Mitglieder bindend sind.

Die IATA bietet aber auch alles Mögliche an Unterstützung für Startup-Airlines, Behörden, Flughäfen usw. an. Die IATA finanziert sich nicht nur durch Mitgliederbeiträge (mind. 15 000 Dollar pro Jahr), sondern auch durch den Verkauf von Dienstleistungen, Handbüchern, Statistiken und anderen elektronischen Dokumenten.

1.3.2 International Civil Aviation Organisation (ICAO)



Die **I**nternational **C**ivil **A**viation **O**rganization (ICAO) ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen, die die Planung des zivilen Luftverkehrs durchführt. Sie wurde 1944 durch das Übereinkommen über die internationale Zivilluftfahrt (Chicagoer Abkommen) gegründet und hat ihren Sitz in Montréal (Kanada).

Ihr gehören 191 (Stand Oktober 2016) Vertragsstaaten an. Deutschland wird durch eine ständige Delegation des **B**undesministeriums für **V**erkehr und digitale **I**nfrastruktur (BMVI) vertreten.

Die wichtigsten Aufgaben sind:

- Standardisierung und Sicherheit des Flugverkehrs,
- Regelung der internationalen Verkehrsrechte, der sogenannten „Freiheiten der Luft“,
- Entwicklung von Infrastrukturen,
- Erarbeitung von Empfehlungen und Richtlinien,
- Zuteilung der sog. **ICAO-Codes** für Flughäfen und Flugzeugtypen,
- Entwicklung eines Standards für maschinenlesbare Reisedokumente,
- Definition der Grenzwerte für Fluglärmemissionen (Klasse-I/II/III-Flugzeuge nach Annex 16).

Die **ICAO-Codes** dienen zur eindeutigen Identifizierung von Flugplätzen und Heliports einerseits und Fluglinien andererseits. Die ICAO-Codes werden in erster Linie von Flugkontrollen und zum Planen der Flugroute benutzt und sind nicht zu verwechseln mit den aus nur drei Buchstaben bestehenden IATA-Codes für Flughäfen, mit denen Privatpersonen sehr viel häufiger konfrontiert werden, weil sie auf Reservierungen, Tickets, Zeittafeln am Flughafen usw. benutzt werden.

Aufbau des ersten Teils des Codes

Der erste Buchstabe gibt die Region/den Kontinent, bzw. in manchen Fällen das Land an, in dem sich der Flugplatz befindet. Der zweite Buchstabe bezeichnet meist das Land (z.B. ED = Deutschland, LO = Österreich, LS = Schweiz). Deutschland hat als eines der wenigen Länder zwei erste Kombinationen, wobei ED für zivile, und ET für militärische Flughäfen steht. Dies beruht darauf, dass ET früher für die Deutsche Demokratische Republik stand.

Aufbau des zweiten Teils des Codes

Die beiden letzten Zeichen (bei Ländern für die nur der erste Buchstabe steht die drei letzten) dienen zur Zuordnung der Flughäfen innerhalb der jeweiligen Länder. Deren Bedeutungen sind je nach Land unterschiedlich geregelt. Steht bei zivilen Plätzen in

Deutschland an dritter Stelle auch ein D, so handelt es sich um einen internationalen Verkehrsflughafen. Beispiel: EDDF – Frankfurt, EDDH – Hamburg, EDDP – Leipzig.

Ansonsten steht der dritte Buchstabe für das AIS (**A**irport **I**dentification **S**ystem) des internationalen Verkehrsflughafens, in dessen Zuständigkeitsbereich der Platz liegt. Der vierte Buchstabe entspricht – soweit verfügbar – dem Anfangsbuchstaben des Ortes.

Bei militärischen Flughäfen gibt der dritte Buchstabe an, welche Teilstreitkraft den Platz nutzt:

N für Luftwaffe Norddeutschland	(ETNJ – Jever, ETNT – Wittmund, ETNW – Wunstorf, ETNU – Neubrandenburg)
S für Luftwaffe Süddeutschland	(ETSE – Erding, ETSH – Holzdorf, ETSN – Neuburg, ETSA – Landsberg, ETSL – Lechfeld)
M für Marine	(ETMN – Nordholz, ETMK – Kiel, ETME – Eggebek)
H für Heeresflieger	(ETHB – Bückeburg)
A für US Air Force	(ETAR – Ramstein)
E, I, O für US Army	(ETEU – Giebelstadt, ETIE – Heidelberg)
U für Royal Air Force	(ETUO – Gütersloh)

1.3.3 European Civil Aviation Conference (ECAC)



Als regionaler Zusammenschluss staatlicher Luftfahrtbehörden wurde 1955 mit großer Unterstützung der ICAO, mit Sitz in Straßburg die Europäische Zivilluftfahrtkonferenz (*European Civil Aviation Conference*) gegründet.

Ihr Hauptsitz liegt in Neuilly/Seine (Frankreich). Das Ziel ist die Überwachung und Koordination des innereuropäischen Luftverkehrs. Die von der ECAC erarbeiteten Beschlüsse sind nicht bindend und

müssen von den jeweiligen Regierungen beschlossen werden. Die ECAC hat 44 (Stand Oktober 2016) Mitgliedstaaten darunter alle Staaten der EU. Insbesondere die Erweiterung der EU hat zu einem beachtlichen Anstieg der Mitgliedsländer geführt.

Die ECAC verfolgt, in Anlehnung an die ICAO, für Europa das Ziel, einen sicheren und wirtschaftlichen Luftverkehr, der auch der Umwelt gerecht wird, sicherzustellen.

Sie arbeitet eng mit der Europäischen Union (EU) und der ICAO zusammen. Die ECAC beschließt jedoch ihr eigenes Arbeitsprogramm und führt selbstständig Konferenzen und Sitzungen durch.

Dabei werden insbesondere Beschlüsse, Empfehlungen und politische Erklärungen verfasst.

Treten bei den Untersuchungen gravierende Sicherheitsmängel zu Tage, wird die betreffende Luftfahrtverwaltung des Staates aufgefordert, Maßnahmen zur Abstellung dieser Mängel vorzuschlagen. Daneben sind die Arbeitsprogramme eng mit dem ICAO Safety Oversight Programm verbunden, wonach der betreffende Staat eine Überprüfung seiner Luftfahrtverwaltung auf die Einhaltung der internationalen Sicherheitsstandards bei der ICAO beantragen kann. Für derartige Überprüfungen im Rahmen der ICAO stellt die ECAC entsprechend qualifiziertes Personal zur Verfügung.

Während sich die ICAO darauf beschränkt, auf Antrag der Mitgliedstaaten Prüfungen der staatlichen Luftfahrtverwaltungen auf die Einhaltung der international geltenden ICAO-Standards vorzunehmen, haben insbesondere die rasanten Zuwachsraten im Luftverkehr und die große Zunahme des Charterverkehrs die Notwendigkeit deutlich gemacht, die Luftfahrzeuge selbst auf die Einhaltung der internationalen Standards zu untersuchen.

Die ECAC hat sich dieser Aufgabe im Jahre 1995 zugewandt und hierzu ein Programm (**SAFA** – **S**afety **A**ssessment of **F**oreign **A**ircraft) entwickelt.

1.3.4 Eurocontrol



EUROCONTROL

Eurocontrol ist die „Europäische Organisation zur Sicherung der Luftfahrt“. Sitz der Organisation ist Brüssel. Dieser Zusammenschluss Europas im Sinne der Flugsicherung ist mit den Jahren unumgänglich geworden. In Maastricht befindet sich außerdem das so genannte „Maastricht **U**pper **A**rea **C**ontrol **C**entre (Maastricht UAC)“, ein Area Control Center, in dem Eurocontrol den oberen Luftraum der Benelux-Länder sowie von Nordwest-Deutschland überwacht. Am 13. Dezember 1960 unterzeichnen in Brüssel Belgien, die Niederlande, Luxemburg, Frankreich, das Vereinigte Königreich und die Bundesrepublik Deutschland die „Eurocontrol International Convention“ als Kooperation für die Sicherheit der Luftfahrt – am 1. März 1963 traten die Verträge in Kraft.

Heute zählt Eurocontrol 41 Mitgliedsländern (Stand Oktober 2016). Seit Herbst 2002 ist auch die Europäische Gemeinschaft selbst Mitglied von Eurocontrol. Erhöhtes Flugaufkommen und die Schaffung internationaler Standards von einheitlichen Verfahren zur Flugsicherung ließen den Staaten Europas keine andere Wahl, als sich miteinander zu vereinigen.

Auf dieser Ebene werden jetzt also alle wichtigen Entscheidungen für die Flugsicherheit in Europa getroffen. Diese Entscheidungen werden durch die ständigen Mitglieder bei Eurocontrol herbeigeführt und getragen.

Auch die Bundeswehr ist bei Eurocontrol ständiges Mitglied und achtet als solches darauf, dass die militärischen Interessen in Europa nicht übergangen werden. Da die militärische Fliegerei nicht kommerziell ist und sich in ihrer eigentlichen Durchführung auch deutlich von der zivilen unterscheidet.

Das Ziel von Eurocontrol ist die Sicherung des oberen Luftraums in Europa. Eurocontrol übernimmt folgende Aufgaben:

- Fortbildung des Sicherungspersonals,
- Zusammenarbeit mit nationalen Flugsicherungsdiensten für die Überwachung des unteren Luftraums,
- Standardisierung zur Luftraumüberwachung und
- Vereinheitlichung von verschiedenen Flugsicherungssystemen.

1.3.5 European Aviation Safety Agency (EASA)



Die Europäische Agentur für Flugsicherheit steht im Mittelpunkt der Luftverkehrspolitik der Europäischen Union (EU). Mit Wirkung vom 28.9.2003 hat die Europäische Agentur für Flugsicherheit (EASA) ihren Betrieb aufgenommen. Hauptauftrag der EASA ist nach der „Verordnung (EG) Nr. 1592/

2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Juli 2002 zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Europäischen Agentur für Flugsicherheit“ die Gewährleistung eines hohen Sicherheits- und Umweltschutzniveaus im Bereich der Zivilluftfahrt. Insbesondere wird sie den Gemeinschaftsgesetzgeber bei der Ausarbeitung gemeinsamer Vorschriften für die Zulassung von Erzeugnissen, Ersatzteilen und Luftfahrtgerät sowie für die Zulassung von Organisationen und Personen, die im Bereich der Entwicklung, Herstellung und Instandhaltung dieser Erzeugnisse tätig sind, unterstützen und über die Musterzulassung von Luftfahrterzeugnissen entscheiden. Die Agentur hat ihren Sitz in Köln. Auch die Aufgaben und Zuständigkeiten der nationalen Luftfahrtbehörden sind in der EU-VO 1592/2002 festgelegt worden. Insgesamt gilt: Ihre bisherigen Rechte gelten nach dem 28.9.2003 zunächst weiter.

Bild 1.3.1
Aufgaben der EASA



Übersicht der neuen Vorschriften auf der Basis der EU-VO 1592/2002

- *Verordnung (EG) Nr. 1592/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Juli 2002 zur „Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Europäischen Agentur für Flugsicherheit“.*
- *Verordnung (EG) Nr. 1702/2003 der Kommission vom 24. September 2003 zur „Festlegung der Durchführungsbestimmungen für die Erteilung von Lufttüchtigkeits- und Umweltzeugnissen für Luftfahrzeuge und zugehörige Erzeugnisse, Teile und Ausrüstungen sowie für die Zulassung von Entwicklungs- und Herstellungsbetrieben“.* Und mit dieser Verordnung als Anhang (Part 21) „Zertifizierung von

Luftfahrzeugen und zugehörigen Produkten, Bau- und Ausrüstungsteilen von Entwicklungs- und Herstellungsbetrieben“.

- *Verordnung (EG) Nr. 2042/2003 der Kommission vom 20. November 2003 über die Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit von Luftfahrzeugen, Teilen und Ausrüstungen und die Erteilung von Genehmigungen für Organisationen und Personen, die diese Tätigkeiten ausführen“* und mit dieser Verordnung als Anhänge
 - Anhang I Continuing airworthiness requirements
 - Anhang II Maintenance organisation approvals
 - Anhang III Certifying staff
 - Anhang IV Training organisation requirements.

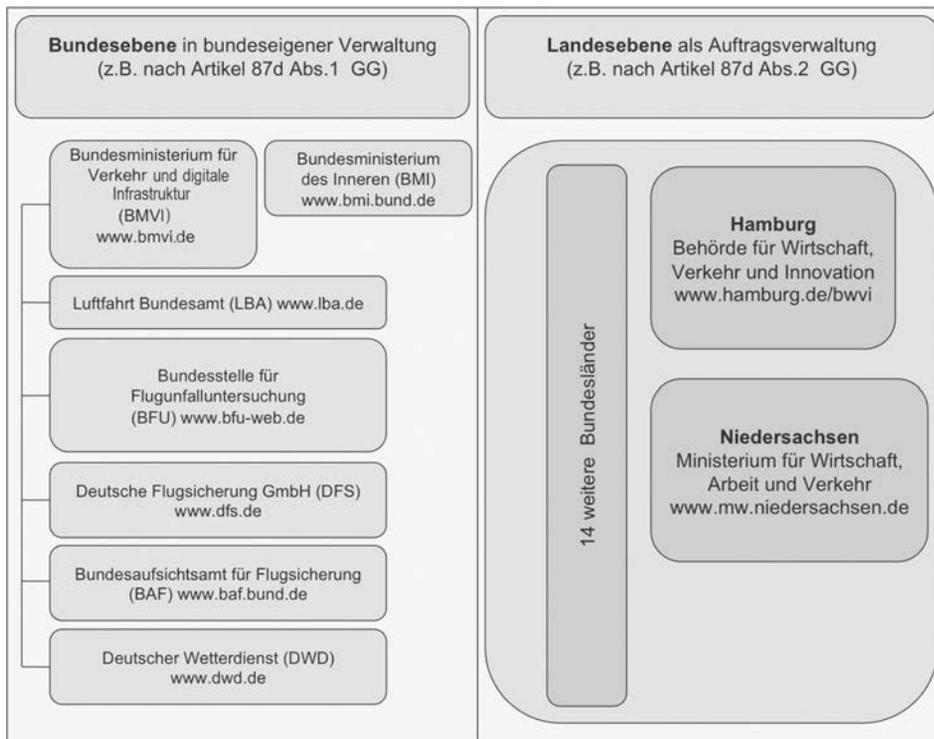


Bild 1.3.2

Nationale Luftfahrtorganisationen

1.3.6 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)



Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur ist die oberste Behörde zur Wahrnehmung der Aufgaben der Luftfahrt. Die Zuständigkeit des Bundes für den Luftverkehr ergeben sich einmal aus dem Artikel 73 des Grundgesetzes (GG), der dem Bund die ausschließliche Gesetzgebung über dem Luftverkehr

zuweist, zum anderen aus Artikel 87d des Grundgesetzes, wonach der Bund die Luftverkehrsverwaltung in eigener Verwaltung führt und zwar so, dass durch Bundesgesetz

Aufgaben der Luftverkehrsverwaltung übertragen werden können. Die Bundesrepublik Deutschland hat somit keine zentrale Luftfahrtverwaltung. Stattdessen sind die Verwaltungsaufgaben auf das BMVI, das ihm unterstehende Luftfahrt-Bundesamt (Aufgabenbeschreibung im „Gesetz über das Luftfahrt-Bundesamt“), die in den Bundesländern für die Luftfahrt zuständigen Behörden (§ 31 Luftverkehrsgesetz, LuftVG), die Deutsche Flugsicherung GmbH., DFS (§§ 27c ff, LuftVG), und der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, BFU aufgeteilt. Das BMVI hat Weisungsbefugnis gegenüber der DFS, der BFU, dem LBA und den Luftfahrtbehörden der Bundesländer.

Da dem Bund die ausschließliche Gesetzgebung über dem Luftverkehr zugewiesen ist und sich unsere Gesetze und die sich daraus ergebenden Rechtsverordnungen und Vorschriften nicht für alle Zeiten festgelegt sind, sondern mit dem Fortschritt der Technik und aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ständigen Änderungen unterworfen sind, bedarf es anerkannter Veröffentlichungsorgane, die das Schrifttum jedem Bürger zur Kenntnis geben.

Diese anerkannten Organe sind:

- das Bundesgesetzblatt (BGBl),
- der Bundesanzeiger (BAz) für das Parlament und die Ministerien.

Ein amtliches Veröffentlichungsmittel für die Gesetze, Verordnungen und Bekanntmachungen in der Luftfahrt sind die Nachrichten für Luftfahrer Teil I und Teil II (NfL I, Durchführung des Flugbetriebes NfL II, Tauglichkeit des Luftfahrtpersonals). Sie werden von der Deutschen Flugsicherung GmbH, kurz DFS, herausgegeben. Die Kenntnis der Gesetze, Rechtsverordnungen und Vorschriften ist eine vom Gesetzgeber jedem Bürger auferlegte Holschuld. Weder der Staat noch eine Behörde sind verpflichtet, jedem Einzelnen die Vorschriften zur Kenntnis zuzuleiten.

1.3.7 Luftfahrt-Bundesamt (LBA)



Das **Luftfahrt-Bundesamt** (LBA) in Braunschweig ist Bundesoberbehörde für die Aufgaben der zivilen Luftfahrt in Deutschland. Es untersteht dem **Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur** (BMVI).

Der Bundestag beschloss mit Zustimmung des Bundesrates am 30. November 1954 ein Gesetz, durch das das Luftfahrt-Bundesamt (LBA) als Bundesoberbehörde geschaffen wurde: Das „Gesetz über das Luftfahrt-Bundesamt“. Um den Auflagen aus dem Deutschlandvertrag nachzukommen,

musste bereits im Jahre 1955, bei der Wiedererlangung der Lufthoheit, diese Institution voll arbeitsfähig sein. Das LBA hat mittlerweile 6 Außenstellen in Berlin, Hamburg, Düsseldorf, Frankfurt, Stuttgart und München.

Als Gründungsmitglied der ehemaligen **Joint Aviation Authorities** (JAA) ist das LBA unter anderem zuständig für (Auszug aus dem Aufgabenkatalog):