

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
	Literaturverzeichnis	4
2	Grundlagen der Flugsicherung	5
2.1	Relevante Behörden und Organisationen	5
2.1.1	Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO)	5
2.1.2	Europäische Union (EU)	7
2.1.3	Europäische Zivilluftfahrt-Konferenz (ECAC)	7
2.1.4	Europäische Agentur für Flugsicherheit (EASA)	7
2.1.5	EUROCONTROL	8
2.1.6	Nationale Behörden und Organisationen	8
2.2	Organisation der Luftfahrt und des Luftraums	8
2.2.1	Luftfahrtgesetzgebung	9
2.2.2	Strukturierung des Luftraums	10
2.3	Flugsicherung und Flugsicherungsdienste	13
2.4	Wiederholungsfragen und Aufgaben	17
	Literaturverzeichnis	18
3	Zertifizierungs- und Zulassungsaspekte	19
3.1	Zulassung und EASA-Regelwerk	19
3.1.1	Bauvorschriften	20
3.1.2	Zulassungsprozess	23
3.1.3	Herstellung und Instandhaltung	24
3.2	Ebenen der Standardisierung	25
3.3	Standardisierung der Fluggeräteelektronik	27
3.3.1	Anforderungen an die Hardware und Software	28
3.3.2	Anforderungen aus den Umgebungsbedingungen	29
3.3.3	Standardisierung am Beispiel von Avionik- Gehäusebauformen	29
3.4	Zuverlässigkeit von Avionik	30
3.4.1	Sicherheitsbewertung und Risiko-Klassifizierung	31

3.4.2	Fehlerrate eines Bauelements	33
3.4.3	Bestimmung der Fehlerrate und der MTBF	35
3.4.4	Parts-Stress-Methode	37
3.4.5	Ausfallwahrscheinlichkeit eines Systems	38
3.4.6	Systemverfügbarkeit	41
3.5	Wiederholungsfragen und Aufgaben	42
	Literaturverzeichnis	43
4	Gemeinsame Aspekte der Avionik und der Flugsicherungstechnik ...	45
4.1	Boden-Luft-Schnittstelle als Bindeglied	45
4.2	Mathematische Beschreibung der Boden-Luft-Schnittstelle	50
4.3	Wiederholungsfragen und Aufgaben	53
	Literaturverzeichnis	54
5	Radionavigation	55
5.1	Grundlagen zur Radionavigation	55
5.1.1	Verwendete Koordinatensysteme und Modell der Erde	56
5.1.2	Umrechnungen zwischen den Koordinatensystemen	58
5.1.3	Darstellung der Lageinformation	59
5.1.4	Kartendarstellung	60
5.2	Ungerichtete Funkfeuer (NDB)	60
5.2.1	Systemübersicht	60
5.2.2	Signalkomposition	61
5.2.3	Auswertung des Signals	64
5.3	Drehfunkfeuer (VOR)	70
5.3.1	Systemübersicht	71
5.3.2	Signalkomposition	71
5.3.3	Auswertung des Signals	79
5.4	Entfernungsmessung (DME)	81
5.4.1	Systemübersicht	82
5.4.2	Signalkomposition	83
5.4.3	Auswertung des Signals	86
5.4.4	Präzisions-DME (DME/P)	89
5.5	Integrierte Navigationshilfen	89
5.5.1	Tactical Air Navigation (TACAN)	90
5.5.2	Long Range Navigation (LORAN C)	94
5.6	Satellitennavigation (GNSS)	102
5.6.1	Konzept eines Satellitennavigationssystems	103
5.6.2	GNSS-Komponenten	105
5.6.3	Missionsdateneinheit	106
5.6.4	Signalausbreitung	108
5.6.5	Konzept eines GNSS-Empfängers	109
5.6.6	Global Positioning System (GPS)	111
5.6.7	GLONASS	117
5.6.8	GPS-Modernisierung	118

5.6.9	Galileo	121
5.6.10	GNSS-Augmentierung	126
5.7	Landehilfen	130
5.7.1	Instrument Landing System (ILS)	131
5.7.2	Microwave Landing System (MLS)	142
5.8	Wiederholungsfragen und Aufgaben	147
	Literaturverzeichnis	148
6	Surveillance	151
6.1	Primärradar	151
6.1.1	Grundlagen	153
6.1.2	Radargleichung	158
6.1.3	Hochfrequenzkopf	162
6.1.4	Zielerkennung	168
6.1.5	Zielverfolgung	169
6.1.6	Zieldarstellung	170
6.2	Sekundärradar	173
6.2.1	Air Traffic Control Radar Beacon System (ATCRBS)	175
6.2.2	Mode-S-Radarsystem	180
6.3	Wiederholungsfragen und Aufgaben	187
	Literaturverzeichnis	188
7	Kommunikationstechnik	191
7.1	Sprachkommunikation	191
7.1.1	UKW-Sprechfunk	191
7.1.2	KW-Sprechfunk	200
7.2	Datenkommunikation	205
7.2.1	Aircraft Communications and Reporting System (ACARS)	206
7.2.2	HF Data Link (HFDL)	207
7.2.3	VHF Data Link (VDL)	210
7.2.4	Mode S Data Link	221
7.2.5	Satellitenkommunikation (SATCOM)	223
7.2.6	Sonstige und künftige Datenlinks	224
7.3	CNS/ATM-Services	226
7.3.1	Aeronautisches Telekommunikationsnetzwerk (ATN)	226
7.3.2	Automatic Dependent Surveillance (ADS-B)	227
7.3.3	Multilateration (MLAT)	228
7.4	Wiederholungsfragen und Aufgaben	230
	Literaturverzeichnis	230
8	Bordautonome Energieerzeugung und -verteilung	233
8.1	Generatorantrieb	235
8.2	Wechselspannungsquellen	235
8.2.1	Primäre Wechselspannungsquellen	235
8.2.2	Sekundäre Wechselspannungsquellen	238

8.2.3	Staudruckturbine	238
8.2.4	Wechselrichter	238
8.3	Gleichspannungsquellen	240
8.3.1	Primäre Gleichspannungsquellen	240
8.3.2	Sekundäre Gleichspannungsquellen	241
8.3.3	Transformer Rectifier Unit (TRU)	246
8.4	Externe Energieversorgung	246
8.5	Energieverteilung	248
8.5.1	Verteilnetz	248
8.5.2	Schutzeinrichtungen	250
8.6	Typische Bordnetzarchitekturen	251
8.6.1	Kleinflugzeug mit DC-Netz	252
8.6.2	Zweimotoriges Flugzeug mit DC-Netz	253
8.6.3	Verkehrsflugzeug mit AC-Netz	254
8.7	Wiederholungsfragen und Aufgaben	256
	Literaturverzeichnis	258
9	Avionik-Busse	259
9.1	Grundprinzipien	259
9.2	ARINC 429	261
9.3	Mil-STD-1553	265
9.4	ARINC 629	269
9.5	Time-Triggered Protocol (TTP)	271
9.6	ARINC 664-7 (Avionics Full Duplex Switched Ethernet)	276
9.7	Wiederholungsfragen und Aufgaben	278
	Literaturverzeichnis	279
10	Flugzeugsensoren	281
10.1	Luftdatenrechner	281
10.1.1	Normalatmosphäre	281
10.1.2	Luftdaten	283
10.1.3	Verarbeitung und Anzeige der Luftdaten	286
10.2	Inertiales Navigationssystem (INS)	287
10.2.1	Inertiale Messeinheit	287
10.2.2	Beschleunigungssensoren	287
10.2.3	Drehratensensoren	288
10.2.4	Verarbeitung der inertialen Messgrößen	290
10.2.5	Ausführungsformen des INS	295
10.2.6	Stützung des inertialen Navigationssystems	295
10.3	Radarhöhenmesser	298
10.3.1	Impulsradar-Höhenmesser	298
10.3.2	FMCW-Radarhöhenmesser	299
10.4	Wetterradar	302
10.5	Wiederholungsfragen und Aufgaben	304
	Literaturverzeichnis	304

11 Flugzeugsysteme	307
11.1 Systemintegration	307
11.1.1 Architektur	307
11.1.2 Redundanzkonzepte	308
11.2 Flugführungssysteme	312
11.2.1 Flugkontrollsystem (FCS)	313
11.2.2 Autopilotensystem (AP/FD)	316
11.2.3 Flugmanagementsystem (FMS)	318
11.2.4 Autonome Triebwerkssteuerung (FADEC)	320
11.3 Flugsupport- und Maintencesysteme	321
11.3.1 Zentrale Flugzeugüberwachung	321
11.3.2 Kollisionsverhinderung (ACAS)	322
11.3.3 Bodenannäherungswarnsystem (TAWS)	325
11.4 Weitere Flugzeugsysteme	327
11.4.1 Elektrische Flugzeugsysteme	327
11.4.2 Feuer- und Rauchdetektion	327
11.5 Wiederholungsfragen und Aufgaben	328
Literaturverzeichnis	328
A Nachrichtentechnische Grundlagen	331
A.1 Allgemeines	331
A.2 Signale und Rauschen	333
A.2.1 Signalbeschreibung im Zeitbereich	333
A.2.2 Signalbeschreibung im Frequenzbereich	334
A.2.3 Grundlagen zum Rauschen	335
A.2.4 Rauschen in Systemen	338
A.3 Codierung und Modulation	340
A.3.1 Kanalcodierung	341
A.3.2 Leitungscodierung	344
A.3.3 Digitale Modulation	348
A.3.4 Mehrträgerübertragung	350
Literaturverzeichnis	351
Abkürzungsverzeichnis	353
Sachverzeichnis	363
Bildnachweis	371