

Holger Flühr

Avionik und Flugsicherungstechnik

Einführung in Kommunikationstechnik,
Navigation, Surveillance



Springer

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)	6
2.1.3	Europäische Zivilluftfahrt-Konferenz (ECAC)	7
2.1.4	Europäische Agentur für Flugsicherheit (EASA)	7
2.1.5	EUROCONTROL	7
2.1.6	Nationale Behörden und Organisationen	8
2.2	Organisation der Luftfahrt und des Luftraums	8
2.2.1	Luftfahrtgesetzgebung	8
2.2.2	Strukturierung des Luftraums	9
2.3	Flugsicherung und Flugsicherungsdienste	13
2.4	Wiederholungsfragen und Aufgaben	17
	Literaturverzeichnis	17
3	Zertifizierungs- und Zulassungsaspekte	19
3.1	Relevante Behörden und Organisationen	19
3.2	Ebenen der Standardisierung	21
3.3	Standards für Avionik	22
3.3.1	Anforderungen an die Hardware und Software	23
3.3.2	Anforderungen aus den Umgebungsbedingungen	24
3.4	Standardisierung am Beispiel von Avionik-Gehäusebauformen	25
3.5	Zuverlässigkeit von Avionik	26
3.5.1	Fehlerrate eines Bauelements	26
3.5.2	Bestimmung der MTBF	27
3.5.3	Parts-Count-Methode	29
3.5.4	Parts-Stress-Methode	29
3.5.5	Verfügbarkeit eines Systems	30

3.6	Wiederholungsfragen und Aufgaben	31
	Literaturverzeichnis	32
4	Integrale Betrachtung der Avionik und der Flugsicherungstechnik	35
4.1	Boden-Luft-Schnittstelle als Bindeglied	35
4.2	Wiederholungsfragen und Aufgaben	40
	Literaturverzeichnis	41
5	Radionavigation	43
5.1	Grundlagen zur Radionavigation	43
5.1.1	Verwendete Koordinatensysteme und Modell der Erde	44
5.1.2	Umrechnungen zwischen den Koordinatensystemen	46
5.1.3	Darstellung der Lageinformation	47
5.1.4	Kartendarstellung	48
5.2	Ungerichtete Funkfeuer (NDB)	48
5.2.1	Systemübersicht	48
5.2.2	Signalkomposition	49
5.2.3	Auswertung des Signals	52
5.3	Drehfunkfeuer (VOR)	58
5.3.1	Systemübersicht	58
5.3.2	Signalkomposition	59
5.3.3	Auswertung des Signals	67
5.4	Entfernungsmessung (DME)	69
5.4.1	Systemübersicht	70
5.4.2	Signalkomposition	71
5.4.3	Auswertung des Signals	74
5.4.4	Präzisions-DME (DME/P)	77
5.5	Integrierte Navigationshilfen	77
5.5.1	Tactical Air Navigation (TACAN)	78
5.5.2	Long Range Navigation (LORAN C)	81
5.6	Satellitennavigation (GNSS)	89
5.6.1	Konzept eines Satellitennavigationssystems	90
5.6.2	GNSS-Komponenten	92
5.6.3	Missionsdateneinheit	93
5.6.4	Signalausbreitung	95
5.6.5	Konzept eines GNSS-Empfängers	96
5.6.6	Global Positioning System (GPS)	98
5.6.7	GLONASS	104
5.6.8	GPS-Modernisierung	105
5.6.9	Galileo	107
5.6.10	GNSS-Augmentierung	113
5.7	Landehilfen	118
5.7.1	Instrument Landing System (ILS)	118
5.7.2	Microwave Landing System (MLS)	128
5.8	Wiederholungsfragen und Aufgaben	133

Literaturverzeichnis	135
6 Surveillance	137
6.1 Primärradar	137
6.1.1 Grundlagen	139
6.1.2 Radargleichung	144
6.1.3 Hochfrequenzkopf	146
6.1.4 Zielerkennung	152
6.1.5 Zielverfolgung	154
6.1.6 Zieldarstellung	155
6.2 Sekundärradar	158
6.2.1 Air Traffic Control Radar Beacon System (ATCRBS)	159
6.2.2 Mode-S-Radarsystem	165
6.3 Wiederholungsfragen und Aufgaben	172
Literaturverzeichnis	172
7 Kommunikationstechnik	175
7.1 Sprachkommunikation	175
7.1.1 UKW-Sprechfunk	175
7.1.2 KW-Sprechfunk	184
7.2 Datenkommunikation	189
7.2.1 Aircraft Communications and Reporting System (ACARS)	190
7.2.2 HF Data Link (HFDL)	191
7.2.3 VHF Data Link (VDL)	194
7.2.4 Mode S Data Link	205
7.2.5 Satellitenkommunikation (SATCOM)	207
7.2.6 Sonstige und künftige Datenlinks	208
7.3 CNS/ATM-Services	208
7.3.1 Aeronautisches Telekommunikationsnetzwerk (ATN)	209
7.3.2 Automatic Dependent Surveillance (ADS-B)	210
7.3.3 Multilateration (MLAT)	211
7.4 Wiederholungsfragen und Aufgaben	212
Literaturverzeichnis	213
8 Bordautonome Energieerzeugung und -verteilung	215
8.1 Generatorantrieb	217
8.2 Wechselspannungsquellen	217
8.2.1 Primäre Wechselspannungsquellen	217
8.2.2 Sekundäre Wechselspannungsquellen	220
8.2.3 Staudruckturbine	220
8.2.4 Wechselrichter	220
8.3 Gleichspannungsquellen	222
8.3.1 Primäre Gleichspannungsquellen	222
8.3.2 Sekundäre Gleichspannungsquellen	223
8.3.3 Transformer Rectifier Unit (TRU)	228

8.4	Externe Energieversorgung	228
8.5	Energieverteilung	230
8.5.1	Verteilnetz	230
8.5.2	Schutzeinrichtungen	232
8.6	Typische Bordnetzarchitekturen	233
8.6.1	Kleinflugzeug mit DC-Netz	234
8.6.2	Zweimotoriges Flugzeug mit DC-Netz	235
8.6.3	Verkehrsflugzeug mit AC-Netz	236
8.7	Wiederholungsfragen und Aufgaben	238
	Literaturverzeichnis	240
9	Avionik-Busse	241
9.1	Grundprinzipien	241
9.2	ARINC 429	243
9.3	Mil-STD-1553	247
9.4	ARINC 629	251
9.5	Time-Triggered Protocol (TTP)	253
9.6	ARINC 664-7 (Avionics Full Duplex Switched Ethernet)	256
9.7	Wiederholungsfragen und Aufgaben	258
	Literaturverzeichnis	259
10	Flugzeugsensoren	261
10.1	Luftdatenrechner	261
10.1.1	Normalatmosphäre	261
10.1.2	Luftdaten	263
10.1.3	Verarbeitung und Anzeige der Luftdaten	266
10.2	Inertiales Navigationssystem (INS)	267
10.2.1	Inertiale Messeinheit	267
10.2.2	Beschleunigungssensoren	267
10.2.3	Drehratensensoren	268
10.2.4	Verarbeitung der inertialen Messgrößen	270
10.2.5	Ausführungsformen des INS	274
10.2.6	Stützung des inertialen Navigationssystems	275
10.3	Radarhöhenmesser	277
10.3.1	Impulshöhenmesser	278
10.3.2	FMCW-Radar	279
10.4	Wetterradar	282
10.5	Wiederholungsfragen und Aufgaben	283
	Literaturverzeichnis	284
11	Flugzeugsysteme	287
11.1	Systemintegration	287
11.1.1	Architektur	287
11.1.2	Redundanzkonzepte	288
11.2	Flugführungssysteme	291

11.2.1	Flugkontrollsystem (FCS)	293
11.2.2	Autopilotensystem (AP/FD)	296
11.2.3	Flugmanagementsystem (FMS)	298
11.2.4	Autonome Triebwerkssteuerung (FADEC)	300
11.3	Flugsupport- und Maintencesysteme	301
11.3.1	Zentrale Flugzeugüberwachung	302
11.3.2	Kollisionsverhinderung (ACAS)	303
11.3.3	Bodenannäherungswarnsystem (TAWS)	305
11.4	Weitere Flugzeugsysteme	307
11.4.1	Elektrische Flugzeugsysteme	307
11.4.2	Feuer- und Rauchdetektion	307
11.5	Wiederholungsfragen und Aufgaben	307
	Literaturverzeichnis	308
A	Nachrichtentechnische Grundlagen	311
A.1	Allgemeines	311
A.2	Signale und Rauschen	313
A.2.1	Signalbeschreibung im Zeitbereich	313
A.2.2	Signalbeschreibung im Frequenzbereich	314
A.2.3	Grundlagen zum Rauschen	315
A.2.4	Rauschen in Systemen	318
A.3	Codierung und Modulation	320
A.3.1	Kanalcodierung	321
A.3.2	Leitungscodierung	324
A.3.3	Digitale Modulation	328
	Literaturverzeichnis	330
	Abkürzungsverzeichnis	331
	Sachverzeichnis	341
	Bildnachweis	347