

Holger Flühr

# Avionik und Flugsicherungstechnik

Einführung in Kommunikationstechnik,  
Navigation, Surveillance



Springer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
	Literaturverzeichnis .....	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Flugsicherung</b> .....	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
<b>3</b>	<b>Zertifizierungs- und Zulassungsaspekte</b> .....	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
<b>4</b>	<b>Integrale Betrachtung der Avionik und der Flugsicherungstechnik</b>	<b>35</b>
4.1	Boden-Luft-Schnittstelle als Bindeglied	35
4.2	Wiederholungsfragen und Aufgaben	40
	Literaturverzeichnis	41
<b>5</b>	<b>Radionavigation</b>	<b>43</b>
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
<b>6 Surveillance .....</b>	<b>137</b>
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
<b>7 Kommunikationstechnik .....</b>	<b>175</b>
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
<b>8 Bordautonome Energieerzeugung und -verteilung .....</b>	<b>215</b>
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
<b>9</b>	<b>Avionik-Busse</b>	<b>241</b>
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
<b>10</b>	<b>Flugzeugsensoren</b>	<b>261</b>
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	Weterradar	282
10.5	Wiederholungsfragen und Aufgaben	283
	Literaturverzeichnis	284
<b>11</b>	<b>Flugzeugsysteme</b>	<b>287</b>
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
<b>A</b>	<b>Nachrichtentechnische Grundlagen</b> .....	<b>311</b>
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
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>331</b>
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	<b>341</b>
	<b>Bildnachweis</b> .....	<b>347</b>