

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Grundlagen der Flugsicherung	5
2.1	Relevante Behörden und Organisationen.....	5
2.1.1	Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO)	6
2.1.2	Europäische Union (EU)	6
2.1.3	Europäische Zivilluftfahrt-Konferenz (ECAC).....	6
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	9
2.2.1	Luftfahrtgesetzgebung	9
2.2.2	Strukturierung des Luftraums	11
2.2.3	Klassifizierung des Luftraums	13
2.2.4	Integration unbemannter Flugsysteme in den Luftraum	14
2.3	Flugsicherung und Flugsicherungsdienste	16
3	Anforderungen an die Fluggeräteelektronik	21
3.1	Zulassung und EASA-Regelwerk	21
3.1.1	Bauvorschriften	22
3.1.2	Zulassungsprozess	25
3.1.3	Herstellung und Instandhaltung.....	27
3.2	Ebenen der Standardisierung	28
3.3	Standardisierung der Fluggeräteelektronik.....	29
3.3.1	Anforderungen an die Hardware und Software	30
3.3.2	Anforderungen aus den Umgebungsbedingungen	32
3.3.3	Standardisierung am Beispiel von Avionik-Gehäusebauformen	32

3.4	Zuverlässigkeit von Avionik	34
3.4.1	Sicherheitsbewertung und Risiko-Klassifizierung	34
3.4.2	Fehlerrate eines Bauelements	36
3.4.3	Bestimmung der Fehlerrate und der MTBF	38
3.4.4	Parts-Stress-Methode	40
3.4.5	Ausfallwahrscheinlichkeit eines Systems	41
3.4.6	Systemverfügbarkeit	44
3.5	Bordautonome Energieerzeugung und -verteilung	46
3.5.1	Generatorantrieb	48
3.5.2	Wechselspannungsquellen	50
3.5.3	Gleichspannungsquellen	51
3.5.4	Externe Energieversorgung	53
3.5.5	Energieverteilung	54
3.5.6	Typische Bordnetzarchitekturen	57
4	Flugsicherungstechnik und Fluggeräteelektronik im Gesamtkontext des Luftfahrzeugs	63
4.1	Boden-Luft-Schnittstelle als Bindeglied	63
4.2	Modernisierung des Air Traffic Managements	68
4.2.1	Future Air Navigation System (FANS)	69
4.2.2	Future Communications Infrastructure (FCI)	72
4.3	Mathematische Beschreibung der Boden-Luft-Schnittstelle	72
4.3.1	Antennen	72
4.3.2	Wellenausbreitung	76
4.3.3	Signaldämpfung	80
5	Kommunikationstechnik	85
5.1	Sprachkommunikation	85
5.1.1	UKW-Sprechfunk	86
5.1.2	KW-Sprechfunk	94
5.2	Datenkommunikation	99
5.2.1	Aircraft Communications and Reporting System (ACARS)	99
5.2.2	HF Data Link (HFDL)	100
5.2.3	VHF Data Link (VDL)	103
5.2.4	Mode S Data Link	114
5.2.5	Satellitenkommunikation (SATCOM)	116
5.2.6	L-Band Digital Aeronautical Communications System (LDACS)	117
5.2.7	Aeronautical Mobile Airport Communication System (AeroMACS)	118
5.2.8	Universal Access Transceiver (UAT)	119

6	Radionavigation	121
6.1	Grundlagen zur Radionavigation	121
6.1.1	Verwendete Koordinatensysteme und Modell der Erde	122
6.1.2	Umrechnungen zwischen den Koordinatensystemen	124
6.1.3	Darstellung der Lageinformation	125
6.1.4	Kartendarstellung	125
6.2	Ungerichtete Funkfeuer (NDB)	126
6.2.1	Systemübersicht	127
6.2.2	Signalkomposition	127
6.2.3	Auswertung des Signals	130
6.3	Drehfunkfeuer (VOR)	136
6.3.1	Systemübersicht	136
6.3.2	Signalkomposition	137
6.3.3	Auswertung des Signals	143
6.4	Entfernungsmessung (DME)	145
6.4.1	Systemübersicht	145
6.4.2	Signalkomposition	147
6.4.3	Auswertung des Signals	149
6.5	Tactical Air Navigation (TACAN)	152
6.6	Satellitennavigation (GNSS)	155
6.6.1	Konzept eines Satellitennavigationssystems	156
6.6.2	GNSS-Komponenten	159
6.6.3	Missionsdateneinheit	160
6.6.4	Signalausbreitung	162
6.6.5	Konzept eines GNSS-Empfängers	163
6.6.6	Global Positioning System (GPS)	165
6.6.7	GLONASS	173
6.6.8	Galileo	175
6.6.9	GNSS-Augmentierung	180
6.7	Instrumentenlandesystem (ILS)	184
6.7.1	Systemübersicht	186
6.7.2	Signalkomposition	189
6.7.3	Auswertung des Signals	195
7	Surveillance	197
7.1	Primärradar	197
7.1.1	Grundlagen	199
7.1.2	Radargleichung	204
7.1.3	Hochfrequenzkopf	208
7.1.4	Zielerkennung	213
7.1.5	Zielverfolgung	215
7.1.6	Zieldarstellung	216

7.2	Sekundärradar	219
7.2.1	Air Traffic Control Radar Beacon System (ATCRBS).....	220
7.2.2	Mode-S-Radarsystem.....	226
7.2.3	Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B)	233
7.2.4	Multilateration (MLAT)	234
8	Avionik-Busse	237
8.1	Grundprinzipien	237
8.2	ARINC 429	239
8.3	Mil-STD-1553.....	243
8.4	ARINC 629	247
8.5	Time-Triggered Protocol (TTP)	248
8.6	ARINC 664-7 (Avionics Full Duplex Switched Ethernet)	254
9	Flugzeugsensoren	257
9.1	Luftdatenrechner	257
9.1.1	Normalatmosphäre	258
9.1.2	Luftdaten	259
9.1.3	Verarbeitung und Anzeige der Luftdaten	262
9.2	Inertiales Navigationssystem (INS)	263
9.2.1	Inertiale Messeinheit	263
9.2.2	Beschleunigungssensoren	264
9.2.3	Drehratensensoren	264
9.2.4	Verarbeitung der inertialen Messgrößen.....	266
9.2.5	Ausführungsformen des INS	271
9.2.6	Stützung des inertialen Navigationssystems	272
9.3	Radarhöhenmesser	275
9.3.1	Impulsradar-Höhenmesser	275
9.3.2	FMCW-Radarhöhenmesser	276
9.4	Wetterradar	279
10	Flugzeugsysteme	281
10.1	Systemintegration	281
10.1.1	Architektur der Flugzeugelektronik	282
10.1.2	Redundanzkonzepte	284
10.2	Flugführungssysteme.....	286
10.2.1	Flugkontrollsystem (FCS).....	287
10.2.2	Autopilotensystem (AP/FD)	291
10.2.3	Flugmanagementsystem (FMS).....	292
10.2.4	Autonome Triebwerkssteuerung (FADEC).....	295
10.3	Flugsupport- und Maintenancesysteme	296
10.3.1	Zentrale Flugzeugüberwachung.....	296

Inhaltsverzeichnis	XIII
10.3.2 Kollisionsverhinderung (ACAS)	297
10.3.3 Bodenannäherungswarnsystem (TAWS)	300
10.4 Weitere Flugzeugsysteme	301
10.4.1 Elektrische Flugzeugsysteme	302
10.4.2 Feuer- und Rauchdetektion.....	302
Bildnachweis	303
Literaturverzeichnis	305
Stichwortverzeichnis	313