

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 Flugkontrollsysteem (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 Maintenancesysteme | 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 |