

Funknavigation

062 Radio Navigation

Ein Lehrbuch für Piloten
nach europäischen Richtlinien

1. Auflage Februar 2012

Final Version 1.26.01.12

Copyright © 2011 bei K.L.S. Publishing, Köln

Alle Rechte vorbehalten

Vervielfältigungen jeglicher Art z. B. in Form konventioneller Kopiertechnik oder auch mit Mitteln der elektronischen Datenverarbeitung auch in Auszügen nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags

Herstellung: Verschiedene Druckereien im Auftrag des Verlags

Dieses Buch wurde im Digitaldruckverfahren hergestellt.

Verlag: K.L.S. Publishing, Köln

Umschlaggestaltung, Satz und Layout: K.L.S. Publishing, Köln

Text: Neue deutsche Rechtschreibung

Mit 162 Abbildungen (Grafiken und Fotos) und 31 Tabellen

ISBN-13: 978-3-942095-20-4 (Schwarz-Weiß-Druck)

ISBN-13: 978-3-942095-21-1 (Farbdruck)

ISBN-13: 978-3-942095-61-7 (e-Book)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT DES AUTORS.....	13
VORWORT DES VERLAGS.....	15
FUNKNAVIGATION.....	17
01 00 00 Theorie der Ausbreitung von Funkwellen	19
01 01 00 Grundlagen.....	19
01 01 01 Elektromagnetische Wellen.....	19
01 01 02 Frequenz, Wellenlänge, Amplitude, Phasenwinkel.....	21
Der Phasenwinkel.....	23
Die Wellenformel.....	25
01 01 03 Frequenzbereiche.....	26
Seitenbänder.....	27
Einseitenband-Modulation.....	28
Sendearten.....	29
01 01 04 Pulscharakteristiken.....	32
Continuous Wave.....	33
01 01 05 Träger und Modulation.....	34
01 01 06 Modulationsarten.....	34
Amplitudenmodulation (AM).....	34
Frequenzmodulation (FM).....	36
Impulsmodulation.....	37
Phasenmodulation.....	37
01 02 00 Antennen.....	38
01 02 01 Charakteristiken.....	38
Sende- und Empfangsdiagramme.....	39
01 02 02 Polarisierung.....	40
01 02 03 Antennentypen.....	41
Dipolantenne.....	41
Schlitzantenne.....	42
Rahmenantenne.....	42
Parabolantenne.....	43
Wendelantenne.....	44
01 03 00 Wellenausbreitung.....	45
01 03 01 Struktur der Ionosphäre.....	46

Sonnenflecken.....	48
Raumwellen	49
01 03 02 Bodenwellen	50
01 03 03 Direkte Wellen	51
01 03 04 Wellenausbreitung verschiedener Frequenzbänder.....	52
VLF-Bereich	52
Lang- und Mittelwellenbereich (LF / MF).....	53
Kurzwellenbereich (HF).....	54
Ultrakurzwellenbereich.....	56
01 03 05 Dopplerprinzip	60
01 03 06 Beeinflussende Faktoren der Wellenausbreitung	60
Boden- und Raumwellen	60
Direkte Wellen.....	63
02 00 00 Funknavigationssysteme	65
02 01 00 Bodengestützter Peilempfänger	65
02 01 01 Funktionsprinzip	65
Bodenkomponenten	66
Bordkomponenten.....	68
02 01 02 Geräteanzeigen und Interpretation	68
Funkseitenpeilung.....	69
Rechtweisende Peilungen	70
Missweisende Peilungen.....	71
Erweitertes Kursschema	73
02 01 03 Gebietsabdeckung und Reichweite.....	73
02 01 04 Genauigkeit und Fehlerquellen	74
02 02 00 NDB/ADF	75
02 02 01 Funktionsprinzip	75
Bodenkomponenten	76
Bordkomponenten.....	79
Automatisches Funkpeilgerät	86
02 02 02 Geräteanzeigen und Interpretation	88
RBI (<i>Relative Bearing Indicator</i>)	88
MDI (<i>Moving Dial Indicator</i>)	90
RMI (<i>Radio Magnetic Indicator</i>)	91
Navigationsverfahren	93
02 02 03 Gebietsabdeckung und Reichweite.....	101
Reichweite.....	101
02 02 04 Genauigkeit und Fehlerquellen	102
Stationsfehler.....	102

Ausbreitungsfehler.....	102
Empfangsfehler.....	103
02 02 05 Einflussfaktoren auf Reichweite und Genauigkeit.....	105
02 03 00 VOR und Doppler-VOR.....	106
02 03 01 Funktionsprinzip.....	106
Bodenkomponenten.....	108
Konventionelles VOR (CVOR).....	109
Doppler-VOR (DVOR).....	111
Frequenzbereiche.....	113
Darstellung und Morsekennung.....	114
Signalart und Überwachung.....	114
Bordkomponenten.....	115
02 03 02 Geräteanzeigen und Interpretation.....	116
Kursablageanzeiger.....	117
HSI.....	121
RMI.....	124
Navigationsverfahren.....	124
02 03 03 Gebietsabdeckung und Reichweite.....	131
02 03 04 Genauigkeit und Fehlerquellen.....	132
02 04 00 DME.....	133
02 04 01 Funktionsprinzip.....	133
Schrägentfernung.....	134
DME-Komponenten.....	135
Bodenkomponenten.....	136
Bordkomponenten.....	139
02 04 02 Geräteanzeigen und Interpretation.....	141
Anflugverfahren.....	142
02 04 03 Gebietsabdeckung und Reichweite.....	142
02 04 04 Genauigkeit und Fehlerquellen.....	143
02 04 05 Einflussfaktoren auf Reichweite und Genauigkeit.....	143
02 05 00 ILS.....	144
02 05 01 Funktionsprinzip.....	144
Bodenkomponenten.....	145
Frequenzbereiche.....	146
Ausstrahlung und Sendung.....	146
Landekursender.....	147
Gleitwegsender.....	149
Bordkomponenten.....	151
Markierungsfunkfeuer (<i>Marker</i>).....	151

02 05 02	Geräteanzeigen und Interpretation	154
	Nadelempfindlichkeit	154
	CDI-Anzeigegerät	155
	HSI.....	156
	Sinkrate	156
	Visueller Gleitweg	157
	ILS-Anflug.....	158
	Localizer-Anflug	160
	Backbeam-Approach.....	161
02 05 03	Gebietsabdeckung und Reichweite.....	163
02 05 04	Genauigkeit und Fehlerquellen	164
	Betriebskategorien	164
	Anzeigelimits	166
	Signalstörungen.....	166
02 05 05	Einflussfaktoren bei Reichweite und Genauigkeit	167
02 06 00	MLS.....	168
02 06 01	Funktionsprinzip	168
	Bodenkomponenten	169
	Bordkomponenten.....	170
	Vorteile	171
02 06 02	Geräteanzeigen und Interpretation	171
02 06 03	Gebietsabdeckung und Reichweite.....	172
02 06 04	Genauigkeit und Fehlerquellen	173
03 00 00	Radarsysteme.....	175
03 01 00	Impulstechniken und verwandte Begriffe.....	175
	Funktionsprinzip.....	176
	Maximale theoretische Reichweite	178
	Minimale theoretische Reichweite.....	179
	Fehler	179
03 02 00	Bodenradar	180
	Streckenrundsichtradar (RSR)	180
	Flugplatzrundsichtradar (TAR).....	181
	Anflugradar (SRA / PAR)	181
	Surveillance Radar Approach (SRA)	181
	Precision Approach Radar (PAR) / Ground Controlled Approach (GCA)	182
	Rollfeldüberwachungsradar (ASDE).....	184
	Einschränkungen.....	186
03 02 01	Funktionsprinzip	187
	Bodenkomponenten	187

Strahlbreite	188
Abstrahlungsdiagramme	189
Festziellöschung (MTI).....	190
03 02 02 Geräteanzeigen und Interpretation	191
Auflösung	193
03 03 00 Wetterradar	196
03 03 01 Funktionsprinzip	196
Komponenten	197
Antenne	197
Abstrahlungscharakteristik.....	198
Stabilisierung	200
03 03 02 Geräteanzeigen und Interpretation	200
Power / Range.....	201
Tilt-Winkel	201
Function / Gain / Contrast	202
Niederschlagsintensität	202
03 03 03 Gebietsabdeckung und Reichweite.....	203
Wettermodus	203
Kontur-Modus	204
03 03 04 Genauigkeit, Fehlerquellen, Einsatzgrenzen.....	204
03 03 05 Einflussfaktoren bei Reichweite und Genauigkeit	204
03 03 06 Nutzung zur Navigation.....	205
Manueller Modus.....	206
03 04 00 Sekundärradar und Transponder	206
03 04 01 Funktionsprinzip	207
03 04 02 Modes und Codes	208
Bodenkomponenten	208
Modi	209
03 04 03 Geräteanzeigen und Interpretation	214
Radarschirm.....	216
Einfache Überwachung	217
Erweiterte Überwachung.....	217
Transpondercodes	218
03 04 04 Genauigkeit und Fehlerquellen	219
04 00 00 Leerkapitel mit Fotos	221
05 00 00 Flächennavigation, RNAV/FMS	223
05 01 00 Generelle Philosophie und Definitionen.....	223
05 01 01 Basis-RNAV (B-RNAV)/Präzisions-RNAV (P-RNAV)/ RNP-PNAV	223

05 01 02 Funktionsprinzip von 2D RNAV, 3D RNAV and 4D RNAV	224
05 01 03 Required Navigation Performance (RNP) gemäß ICAO DOC 9613	225
05 02 00 Einfaches 2D RNAV	226
05 02 01 Ausrüstung im Cockpit	226
05 02 02 Navigationscomputer, VOR/DME-Navigation	227
Einschränkungen.....	227
05 02 03 Ein- und Ausgabedaten des Navigationscomputers	228
05 03 00 4D RNAV.....	229
05 03 01 Ausrüstung im Cockpit	229
05 03 02 Navigationscomputer, VOR/DME-Navigation	232
05 03 03 Ein- und Ausgabedaten des Navigationscomputers	234
05 04 00 FMS und generelle Begriffe.....	235
05 04 01 Navigation und Flight Management.....	235
Anforderungen.....	236
05 04 02 Flight Management Computer (FMC).....	237
05 04 03 Navigationsdatenbank	239
05 04 04 Flugleistungsdatenbank.....	240
05 04 05 Typische Ein- und Ausgabedaten beim FMC	240
05 04 06 Bestimmung der FMS-Position des Luftfahrzeugs	241
05 05 00 Typische Cockpit-Ausrüstung von FMS-Luftfahrzeugen	242
05 05 01 <i>Control and Display Unit</i> (CDU).....	242
Dateneingabe.....	244
05 05 02 EFIS Displays	251
Bedieneinheit	254
Primary Flight Display (PFD).....	256
05 05 03 Typische Modes des Navigation Displays (ND)	257
05 05 04 Typische Information auf dem ND	258
Map Mode	258
Plan Mode	261
Navigation Mode	262
VOR- und ILS-Mode	263
Symbole und Farben.....	265
06 00 00 Satellitennavigationssysteme	267
06 01 00 GPS/GLONASS/GALILEO	267
06 01 01 Funktionsprinzip	267
06 01 02 Betrieb	268
NAVSTAR GPS.....	268
Raumsegment	269
Bodensegment (Kontrollsegment).....	274

Nutzersegment	275
Integritätsüberwachung (RAIM).....	280
GLONASS	281
GALILEO	282
Bedien- und Anzeigeräte	282
06 01 03 Genauigkeit und Fehlerquellen	285
06 02 00 Ergänzungssysteme	290
Differential GPS	290
Satellitengestützte Ergänzungssysteme (SBAS)	291
Bodengestützte Ergänzungssysteme (GBAS)	293
Luftgestützte Ergänzungssysteme (ABAS)	295
Weitere Entwicklungen	295
Pseudoliten	295
Kombinierte Empfänger.....	296
GPS und INS	296
EGPWS.....	296
ADS-B.....	297
RADIO NAVIGATION (SYLLABUS)	299
ANHANG	353
Informative Internet-Links	355
Autor dieses Buches.....	356
Bildnachweis	357
Übersicht zur Lehrbuchreihe nach JAR-FCL.....	358