

# Instrumentenkunde

022 Aircraft General Knowledge  
– Instrumentation –

Ein Lehrbuch für Piloten  
nach europäischen Richtlinien

1. Auflage Mai 2012

Final Version 1.04.05.12

Copyright © 2012 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 220 Abbildungen (Grafiken und Fotos) und 8 Tabellen

ISBN-13: 978-3-942095-16-7 (Schwarz-Weiß-Druck)

ISBN-13: 978-3-942095-17-4 (Farbdruck)

ISBN-13: 978-3-942095-59-4 (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 VERLAGS.....	11
<b>FLUGZEUGTECHNIK TEIL 3 INSTRUMENTENKUNDE.....</b>	<b>13</b>
<b>01 00 00 Sensoren und Anzeigeeinstrumente .....</b>	<b>15</b>
01 01 00 Druckmessung und Druckanzeige.....	15
Physikalische Einheiten des Drucks.....	17
Physikalische Messmethoden der Druckmessung.....	19
Druckmessungen im Luftfahrzeug .....	21
01 02 00 Temperaturmessung (allgemein).....	23
Physikalische Einheiten der Temperatur.....	23
Physikalische Messmethoden der Temperaturmessung.....	26
Temperaturmessungen bei Luftfahrzeugen (allgemein).....	27
01 03 00 Treibstoffanzeige.....	29
Treibstoffmessung mittels Schwimmer .....	30
Kapazitive Treibstoffmessung.....	30
Treibstoffmessung durch Ultraschall .....	32
01 04 00 Treibstoffdurchflussanzeige.....	32
01 05 00 Drehzahlmesser .....	37
01 06 00 Schubanzeige von Triebwerken.....	39
01 07 00 Drehmomentanzeige von Triebwerken.....	43
01 08 00 Anzeige für Synchronlauf (Synchroscope).....	46
01 09 00 Monitoring von Triebwerkvibrationen.....	48
01 10 00 Zeitmessung und Zeiterfassung .....	50
Instandhaltung gewerblich genutzter Luftfahrzeuge .....	51
<b>02 00 00 Messung von Parametern in der Luftströmung.....</b>	<b>53</b>
02 01 00 Luftdruckmessung .....	53
02 01 01 Definitionen .....	53
02 01 02 Pitot-Static-System: Bauweise und Fehlerquellen.....	54
02 02 00 Temperaturmessung in der Luftströmung .....	57
02 02 01 Definitionen .....	57
02 02 02 Temperaturmesser: Bau- und Funktionweise .....	58
02 03 00 Messung des Anstellwinkels zur Luftströmung.....	60
02 04 00 Höhenmesser (Altimeter) .....	63
02 05 00 Variometer (VSI) .....	66

02 06 00	Fahrtmesser (ASI) .....	69
02 07 00	Machmeter.....	78
02 08 00	Air Data Computer .....	82
02 09 00	Pitot-Static-System: Fehlersituationen .....	86
<b>03 00 00</b>	<b>Instrumente und Sensoren für das Erdmagnetfeld.....</b>	<b>89</b>
03 01 00	Magnetfeld der Erde.....	89
	Variation .....	91
	Inklination.....	92
	Deviation.....	93
03 02 00	Magnetfeld eines Luftfahrzeuges .....	94
	Hart- und Weicheisenanteil des Magnetfeldes eines Luftfahrzeugs .....	95
	Kompasseichung .....	96
03 03 00	Magnetkompass (Direktanzeige) .....	97
	Drehfehler .....	98
	Beschleunigungsfehler.....	99
	Fluglagefehler .....	100
	Anzeigefehler .....	100
03 04 00	Magnetfeldsensoren.....	101
	Sensor für magnetische Flussdichte (Flux valve).....	101
	Messfehler beim Flux Valve .....	103
	Andere Magnetfeldsensoren .....	104
<b>04 00 00</b>	<b>Kreiselinstrumente .....</b>	<b>105</b>
04 01 00	Kreiselinstrumente: Grundlagen.....	106
	Präzession.....	107
	Freiheitsgrade .....	108
	Kreiselantrieb und Reibungseffekt .....	109
04 02 00	Wendezeiger – Kurven-Koordinator – Kugellibelle .....	111
04 03 00	Künstlicher Horizont .....	115
	Vertical Gyro Unit .....	118
04 04 00	Kurskreisel.....	120
	Kreiseldrift .....	121
04 05 00	Fernkompass-System.....	125
04 06 00	Attitude Heading Reference System (AHRS) .....	128
	Das Ring Laser Gyroskop .....	128
	Das fiberoptische Gyroskop.....	131
	Das MEMS-Gyroskop .....	132
	Accelerometer und Magnetometer .....	134

Komplettsysteme mit integrierten AHRS .....	135
Honeywell AH-2100 (RLG).....	137
Northrop Grumman LTN-101E (FOG).....	137
Crossbow AHRS 500GA (MEMS) .....	138
Ein kurzer Vergleich der Technologien.....	139
<b>05 00 00 Trägheitsnavigation (INS und IRS) .....</b>	<b>141</b>
Einleitung Trägheitsnavigation .....	141
Differenzierung zwischen INS und IRS .....	142
Theoretische Grundlagen .....	143
Rechenmethodik.....	143
Schuler-Schwingung.....	145
Schuler-Tuning .....	145
Zusammenfassung aller Korrekturen .....	146
Alignment (generell) .....	146
Fehlertypen .....	147
05 01 00 Trägheitsnavigationssystem (INS).....	150
05 01 01 / 05 01 02 Grundlagen/Bauweise .....	150
Alignment beim INS .....	151
05 01 03 INS-Genauigkeit .....	152
05 01 04 Bedienung und Betrieb .....	152
05 02 00 Trägheitsreferenzsystem (IRS).....	156
05 02 01 /05 02 02 Grundlagen/Bauweise .....	156
Alignment beim IRS.....	157
Vorteile der IRU.....	158
05 02 03 IRS-Genauigkeit .....	158
05 02 04 Bedienung und Betrieb .....	159
<b>06 00 00 Automatische Flugsteuerungssysteme bei Flugzeugen.....</b>	<b>161</b>
06 01 00 Definitionen und generelle Funktionsweise .....	161
06 02 00 Autopilot (A/P).....	164
Einleitung.....	164
Schema eines AFCS.....	168
Beispiel Challenger 605 AFCS .....	169
Boeing 737 Automatic Flight Director System .....	170
Laterale Modes.....	171
Vertikale Modes .....	173
Aktivierungsschalter.....	175
Mixed Modes: Take-off (TO/GA), Go around (GA) und Approach (APP). .....	176
Aktivierungskriterien.....	183

Synchronisation .....	183
Deaktivierung.....	183
Betriebsgrenzen des Einsatzes .....	184
Control Wheel Steering Mode (CWS).....	184
A/P Mindestanforderungen beim Single Pilot Betrieb .....	185
Zusammenhang AFCS und FMS .....	185
06 03 00 Flight Director (FD).....	186
06 04 00 Flight Mode Anzeige (FMA).....	188
06 05 00 Automatisches Landesystem .....	190
<b>07 00 00 Automatische Steuerungssysteme bei Hubschraubern (leer).....</b>	<b>195</b>
<b>08 00 00 Trimmsystem, Gierdämpfer, Flight Envelope Protection (FEP) .....</b>	<b>197</b>
08 01 00 Trimmsystem .....	197
Trimmung generell .....	197
Komplexe Trimmsysteme .....	198
Automatische Trimmung .....	201
Machtrimmung.....	202
08 02 00 Gierdämpfer (Yaw Damper) .....	203
08 03 00 Flight Envelope Protection (FEP) .....	204
<b>09 00 00 Automatisches Schubkontrollsystem.....</b>	<b>209</b>
<b>10 00 00 Kommunikationssysteme.....</b>	<b>213</b>
10 01 00 Sprach- und Datenübertragung .....	213
10 01 01 Definitionen und Übertragungsmethoden .....	213
10 01 02 Systeme: Architektur, Bauweise und Betrieb.....	217
10 02 00 Zukünftige Kommunikationssysteme (FANS) .....	219
Das FANS-Konzept .....	220
Data Link Anwendungen.....	221
ATS Facility Notification.....	221
Automatic Dependent Surveillance .....	222
Controller Pilot Data Link Communications .....	223
<b>11 00 00 Flugmanagementsystem (FMS).....</b>	<b>227</b>
11 01 00 Bauweise.....	227
11 02 00 Datenbasis für Navigation und Performance.....	231
11 03 00 Betrieb des FMS und seine Grenzen.....	232
11 04 00 Multifunktionsgerät (MCDU).....	236
<b>12 00 00 Warn- und Alarmsysteme, Näherungswarnsysteme.....</b>	<b>239</b>

12 01 00 Allgemeines .....	239
12 02 00 Flugwarnsysteme .....	239
12 03 00 Warnsysteme für den Strömungsabriss .....	242
12 04 00 Schutzsysteme für den Strömungsabriss .....	244
12 05 00 Warnung vor Overspeed .....	245
12 06 00 Take-off Warnsystem.....	246
12 07 00 Altitudewarnsystem .....	247
12 08 00 Radiohöhenmesser .....	248
12 09 00 Bodenannäherungswarnsysteme .....	250
12 09 01 GPWS: Bauweise, Betrieb, Anzeigen.....	250
12 09 02 Terrain Avoidance Warning System (TAWS) .....	252
12 09 03 Runway Awareness and Advisory System .....	254
12 10 00 ACAS/TCAS: Funktionsweise und Betrieb .....	254
12 11 00 Rotor/engine overspeed alert system (leer).....	260
<b>13 00 00 Integrierte Instrumente, elektronische Bildschirme .....</b>	<b>261</b>
13 01 00 Elektronische Bildschirme .....	261
13 01 01 Bauweise und Limitierungen .....	261
13 02 00 Integrierte mechanische Instrumente : ADI/HSI .....	263
13 03 00 Electronic Flight Instrument Systems (EFIS).....	265
13 03 01 Bauweise und Betrieb.....	265
13 03 02 Primary Flight Display (PFD), Electronic Attitude Director Indicator (EADI).....	269
Details zur B737 Speed Bar .....	271
Flight Path Vector (FPV) .....	272
13 03 03 Navigation Display (ND), Electronic Horizontal Situation Indicator (EHSI) .....	274
13 04 00 Weitere elektronische Anzeigesysteme.....	281
EICAS, ECAM, EWD .....	281
Multi Function Display Unit (MFDU).....	283
Mission Display Unit (MDU).....	284
13 05 00 Helikopter-Monitore (leer) .....	284
13 06 00 Electronic Flight Bag (EFB) .....	284
<b>14 00 00 Wartungs-, Überwachungs- und Aufzeichnungssysteme .....</b>	<b>285</b>
14 01 00 Cockpit-Sprachaufzeichnungssystem.....	285
14 02 00 Flugdatenschreiber .....	287
14 03 00 Wartungs- und Aufzeichnungssysteme.....	288
14 03 01 Helicopter Operations Monitoring Programme (HOMP) (leer) .....	288
14 03 02 Integrated Health & Usage Monitoring System (IHUMS) (leer).....	289

14 03 03 Aeroplane Condition Monitoring System (ACMS) .....	289
<b>15 00 00 Digitale Schaltkreise und Computer .....</b>	<b>291</b>
15 01 00 Computer: Grundlagen, Definitionen, Bauweise.....	291
15 02 00 Software: Grundlagen, Definitionen, Anforderungen .....	294
Softwarerichtlinien für Luftfahrtsysteme .....	295
<b>AIRCRAFT GENERAL KNOWLEDGE – INSTRUMENTATION – (SYLLABUS) .....</b>	<b>297</b>
<b>ANHANG.....</b>	<b>351</b>
Abkürzungen .....	353
Informative Internet-Links .....	359
Literaturverzeichnis .....	360
Autoren dieses Buches .....	362
Bildnachweis .....	363
Übersicht der ATPL-Lehrbuchreihe nach FCL.....	364