

1	Einleitung	1
1.1	Untersuchung am Beispiel der Ausbildung von Luftfahrzeugbesatzungen	2
1.2	Struktur und Vorgehensweise	3
2	Der Aufbau eines Cockpits früher und heute – Der Umgang des Menschen mit den digitalen Veränderungen im Cockpit	5
2.1	Der Grund für Digitalisierung im Cockpit – Veränderungsbedarf	5
2.2	Cockpit-Instrumente und Displays (Unterschiede in der Informationsaufbereitung)	7
2.2.1	Grundlegende Cockpit-Instrumente	8
2.2.2	Multifunction Display (MFD)	12
2.2.3	Head-up-Display (HUD)	16
2.2.4	Helmet-mounted-Display (HMD)	18
2.2.5	Audio-Displays	19
2.2.6	Taktile Anzeigen	20
2.2.7	Zukünftige Bedienelemente	20
2.3	Arbeitsabläufe und Rahmenbedingungen im digitalen Cockpit (Situationsbewusstsein)	20
2.4	Problemfelder des digitalen Cockpits	23
2.5	Anpassungs- und Interpretationsbedarf der Menschen	25
2.5.1	Verhältnis Schnittstellengröße	26
2.5.2	Dynamische Anzeigen	26
2.5.3	Kontrolle verschiedener Größen	26
2.5.4	Reaktionszeiten	28

3	Ausbildungskonzept früher bis heute, Lernumgebung,	
	E- Learning	29
3.1	Ausbildungskonzept früher bis heute	29
3.1.1	Historie	29
3.1.2	Lizenzen	30
3.1.3	Spezialisierte Ausbildung von Piloten / Pilotinnen	32
3.2	Lernumgebung	41
3.3	E-Learning	44
3.4	Der Wandel in der Ausbildung	48
4	Lernende (Flugschüler*innen)	49
4.1	Der Typus Schüler*in	49
4.2	Differenzierung in pädagogisch didaktischen Ansätzen	54
4.2.1	Voraussetzungen	54
4.2.2	Motivation	55
4.2.3	Emotionen und charakterliche Eigenschaften	56
5	Lehrende (Fluglehrer*innen)	59
5.1	Voraussetzungen und Anforderungen	59
5.2	Pädagogische Ausbildung	61
5.3	Kritische Schnittstelle Lehrer*in / Schüler*in	63
5.3.1	Menschliches Verhalten	63
5.3.2	Voraussetzungen für den Lernprozess	64
5.3.3	Wirksame Kommunikation	66
5.3.4	Unterrichtsprozess	66
5.3.5	Bewertung der Lernenden	67
5.3.6	Planen von Unterrichten	69
5.3.7	Verantwortung und Professionalität	71
5.4	Die ideale Ausbildungssituation	72
5.5	Lernfortschrittsprüfungen (theoretisch und praktisch)	74
5.5.1	Theoretische Prüfungen	74
5.5.2	Praktische Prüfungen	76
6	Exkurs Neurologie und Psychologie – Faktoren der menschlichen Leistungsfähigkeit im Rahmen der Wahrnehmung, Speicherung und Weiterverarbeitung von Informationen	79
6.1	Informationswahrnehmung	80
6.1.1	Visuelle Wahrnehmung	80

6.1.2	Akustische und sprachliche Wahrnehmung (in Wort und Schrift)	85
6.1.3	Haptische Wahrnehmung	87
6.1.4	Gezielte und geteilte Aufmerksamkeit	88
6.2	Informationsspeicherung, Weiterverarbeitung und Entscheidungsfindung	89
6.2.1	Formen kognitiven Lernens	90
6.2.2	Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis	92
6.2.3	Schema-Theorie / Basisschematische Präsentation	93
6.2.4	Kognitive Prozesse in einem Beispiel aus der Luftfahrt	95
6.2.5	Fähigkeiten, Regeln und Wissen	96
6.2.6	Spezifische und allgemeine Aktivatoren	98
6.2.7	Entscheidungsfindung	99
6.3	Durch Fehler gewonnene Erkenntnisse	100
6.4	Informationsverarbeitung des Menschen im Rahmen der Digitalisierung	103
6.5	Effizientes Lernen komplexer Sachverhalte	105
6.5.1	Gedächtnisspanne	105
6.5.2	Erinnern an Inhalt	105
6.5.3	Veränderungen im Verarbeitungsmodus	107
6.5.4	Implikationen für das Training nach Bainbridge & Dorneich (2009)	108
6.6	Zusammenfassung	110
7	Ausbildungskonzept	115
7.1	Rahmenbedingungen	115
7.2	Grundlegende Vorgehensweise in der Ausbildung	117
7.3	Entscheidungen treffen / Urteilkraft	119
7.4	Das Stufenmodell zum Erwerb von Kompetenzen	120
7.4.1	Novizen / Novizinnen	121
7.4.2	Fortgeschrittene Anfänger*innen	123
7.4.3	Kompetenz	127
7.4.4	Gewandtheit	131
7.4.5	Experte / Expertinnen	135
7.4.6	Kritische Reflektion des Stufenmodells	139
7.5	Anforderungen an die Lehrenden	139

7.6	Vorgehensweise für den Stufenerwerb (taktisch-operative Ausbildungsschritte)	142
7.6.1	Lernumgebung	143
7.6.2	Lernmodi	143
7.7	Zusammenfassung	145
8	Experiment	149
8.1	Probandenauswahl	150
8.2	Pre-Test	151
8.2.1	Pre-Test Auswertung	154
8.3	Unterrichte vor dem Experiment	159
8.4	Aufbau des Experimentes	160
8.5	Durchführung des Experimentes	162
8.6	Belastung und Stresslevel (NASA Task Load Index)	166
8.7	Forschungsfragen und Hypothesen	167
8.7.1	Forschungsfragen	167
8.7.2	Hypothesen	168
8.8	Auswertung (deskriptive Statistik und Inferenzstatistik)	172
8.8.1	Nullhypothesen Ergebnisse	172
8.8.2	NASA TLX Ergebnisse	184
8.9	Bewertung	186
9	Fehleranalyse und Flugnachbesprechung	189
9.1	Ablauf einer Flugnachbesprechung	189
9.2	Das Vokabular der Flugnachbesprechung	191
9.2.1	Debriefing Focus Point (DFP)	191
9.2.2	Contributing Factors (CF) (Beitragende Faktoren)	192
9.2.3	Instructional Fix (IF) (Instruktive Korrektur)	192
9.2.4	Root Cause (RC) (Festlegen der Grundursache)	193
9.2.5	Learning Points (LP)	194
9.2.6	Lesson Learned (LL) (Gelernte Lektion)	195
9.2.7	Trend Definition (Tendenz)	195
9.3	Fehlertypen zur Ursachenfindung	196
9.3.1	Wahrnehmungsfehler	196
9.3.2	Ausführungsfehler	196
9.3.3	Entscheidungsfehler	197
9.4	Human Factor Assessment (nach Fa. GFD – HF Assessment Matrix)	198
9.4.1	Human Error Types (Kategorien menschlicher Fehler)	198

9.5	Verzahnung von Ursachenanalyse und Faktorenbeurteilung	200
9.6	Beispiele für die Fehleranalyse	201
9.6.1	Beispiel Wahrnehmungsfehler	202
9.6.2	Beispiel Ausführungsfehler	202
9.6.3	Beispiel Entscheidungsfehler	203
9.7	Formulieren einer Lektion	204
10	Transfer der gewonnenen Erkenntnisse	207
10.1	Ausblick und weitere Forschung	209
10.2	Zukünftige Anwendungsbereiche (5th/6th Gen., FCAS)	211
	Quellen	213