

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Untersuchung am Beispiel der Ausbildung von Luftfahrzeugbesatzungen	2
1.2	Struktur und Vorgehensweise	3
<b>2</b>	<b>Der Aufbau eines Cockpits früher und heute – Der Umgang des Menschen mit den digitalen Veränderungen im Cockpit</b>	<b>5</b>
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

<b>3</b>	<b>Ausbildungskonzept früher bis heute, Lernumgebung,</b>	
	<b>E-Learning .....</b>	<b>29</b>
3.1	Ausbildungskonzept früher bis heute .....	29
3.1.1	Historie .....	29
3.1.2	Lizenzierung .....	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
<b>4</b>	<b>Lernende (Flugschüler*innen)</b> .....	<b>49</b>
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
<b>5</b>	<b>Lehrende (Fluglehrer*innen)</b> .....	<b>59</b>
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	Lernfortschritsprüfungen (theoretisch und praktisch) .....	74
5.5.1	Theoretische Prüfungen .....	74
5.5.2	Praktische Prüfungen .....	76
<b>6</b>	<b>Exkurs Neurologie und Psychologie – Faktoren der menschlichen Leistungsfähigkeit im Rahmen der Wahrnehmung, Speicherung und Weiterverarbeitung von Informationen</b> .....	<b>79</b>
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
<b>7</b>	<b>Ausbildungskonzept .....</b>	<b>115</b>
7.1	Rahmenbedingungen .....	115
7.2	Grundlegende Vorgehensweise in der Ausbildung .....	117
7.3	Entscheidungen treffen / Urteilskraft .....	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
<b>8</b>	<b>Experiment</b> .....	<b>149</b>
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 Experiments .....	160
8.5	Durchführung des Experiments .....	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	Nullhypotesen Ergebnisse .....	172
8.8.2	NASA TLX Ergebnisse .....	184
8.9	Bewertung .....	186
<b>9</b>	<b>Fehleranalyse und Flugnachbesprechung</b> .....	<b>189</b>
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
<b>10</b>	<b>Transfer der gewonnenen Erkenntnisse .....</b>	<b>207</b>
10.1	Ausblick und weitere Forschung .....	209
10.2	Zukünftige Anwendungsbereiche (5th/6th Gen., FCAS) .....	211
<b>Quellen .....</b>		<b>213</b>