

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis.....	XV
Abkürzungsverzeichnis	XVII
Abstract.....	XXI
Kurzzusammenfassung.....	XXIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Ziele.....	3
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Der Instrumentenanflug	7
2.1 Navigation im Instrumentenflug	8
2.1.1 Konventionelle Funknavigation	9
2.1.2 Instrument Landing System	10
2.1.3 Flächennavigation	14
2.1.4 Satellitennavigation	15
2.1.5 Augmentierte Satellitennavigation.....	18
2.2 Segmente des Anflugs.....	21
2.3 Anflugtypen	24
2.3.1 Anflugminima.....	25
2.3.2 Technische Systeme	30
2.4 Infrastruktur des Flughafens	43
2.4.1 Hindernisfreiflächen am Flughafen	44
2.4.2 Aufsetzzone	47
2.4.3 Anflugbefeuerung	49

2.4.4	Visuelle Anflughilfen	53
2.5	Operative Flugführung	61
2.5.1	Operationaler Ablauf beim Endanflug	62
2.5.2	Visuelle Entscheidungsmerkmale	64
3	Vertikale Fehler im Endanflug	65
3.1	Verfahrensschutzraum nach PANS-OPS	67
3.2	Einflussfaktoren für Fehler der vertikalen Flugführungskomponente	71
3.2.1	Interferenzen elektromagnetischer Wellen	72
3.2.2	Variationen von Temperatur und Luftdruck	73
3.2.3	Ionosphäre	76
3.3	Anforderungen der Flugführungskomponenten	80
3.3.1	Leistungsdaten der Flugführungskomponenten	80
3.3.2	Alert Limit	82
3.4	Auswirkungen konstanter vertikaler Fehler im Endanflug	84
3.4.1	EUROCONTROL – GBAS CAT I Precision Approaches	85
3.4.2	FAA – Investigation of the Impact of Undetected GNSS Navigation Glidepath Bias	91
3.4.3	DFS – CAT II Precision Approach im Verbundvorhaben HETEREX ...	93
3.5	Defizite im Situationsbewusstsein für konstante vertikale Fehler	96
4	Konzept Approach Light System	99
4.1	Kontrolle der Anflugtrajektorie	100
4.1.1	Flugführung mit Instrumenten	100
4.1.2	Visuelle Flugführung	103
4.1.3	Einschränkungen der visuellen Entscheidungsfindung	106
4.2	Advanced Approach Light System	110
4.2.1	Grundsätzliche Funktionsweise	111

4.2.2	Technischer Aufbau des AALS	114
4.2.3	Harmonisierung des AALS auf verschiedene Luftfahrzeugtypen.....	117
4.2.4	Operationelle Verwendung des AALS	124
5	Experimenteller Aufbau und Methoden	127
5.1	Zielsetzung der Versuchsreihe	127
5.2	Simulationsumgebung	128
5.2.1	Hauptsimulation.....	129
5.2.2	Sichtsystem	130
5.2.3	Datenaufzeichnung	131
5.2.4	Implementierung des AALS	131
5.2.5	Umsetzung eines konstanten Fehler der Flugführungskomponente .	134
5.2.6	Versuchsreihe CAT I	138
5.2.7	Versuchsreihe CAT II	138
5.3	Methoden der Bewertung	139
5.3.1	Deskriptive Statistik	139
5.3.2	Hypothesentest.....	140
5.3.3	Subjektive Probandenbewertung	144
6	Versuchsdurchführung.....	147
6.1	Versuchsablauf	147
6.2	Versuchsdaten Versuchsreihe CAT I	150
6.2.1	Deskriptive Statistik	151
6.2.2	Signifikanztest	157
6.2.3	Subjektive Bewertung.....	158
6.3	Versuchsdaten Versuchsreihe CAT II	159
6.3.1	Deskriptive Statistik	160
6.3.2	Signifikanztest	165

6.3.3	Subjektive Bewertung	166
7	Auswertung der Ergebnisse	169
7.1	CAT I Versuchsreihe.....	169
7.2	CAT II Versuchsreihe.....	170
7.3	Abschließende Beurteilung.....	172
8	Zusammenfassung und Ausblick	175
8.1	Zusammenfassung	175
8.2	Ausblick.....	177
	Quellenverzeichnis.....	179
	Anhang 1	189
	Anhang 2	191
	Anhang 3	193
	Anhang 4	195
	Anhang 5	199