

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	xi
Bezeichnungen und Abkürzungen	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Stand der Forschung	2
1.2.1 Maßnahmen zur Reduktion des Luftwiderstandes von Helikopter- konfigurationen	3
1.2.2 Topologische Untersuchungen der Heckumströmung einer Heli- kopterzelle	3
1.2.3 Numerische Untersuchungen an Helikopterrumpfkongfigurationen	5
1.3 Beitrag dieser Arbeit	8
2 Grundlagen	9
2.1 Anströmkustände des Helikopterrumpfes	9
2.1.1 Definition der Fluglage	9
2.1.2 Anströmbedingungen am Helikopterrumpf	10
2.2 Aerodynamische Kräfte und Momente	13
2.2.1 Reibungskraft	13
2.2.2 Druckkraft	16
2.3 Druckinduzierte Strömungsablösung	16
2.3.1 Grundlagen der Ablösung	17
2.3.2 Identifikation von Ablösegebieten	18
2.4 Nachlaufströmung	19
2.4.1 Entstehung von Wirbeln im Nachlaufbereich stumpfer Körper	19
2.4.2 Wirbelidentifikation	21
3 Versuchsaufbau und Durchführung	23
3.1 Windkanal	23
3.2 Windkanalmodelle	26
3.2.1 Modellkonfiguration HELI1	27
3.2.2 Modellkonfiguration HELI2	27
3.2.3 Modellvarianten	31
3.3 Windkanalmodellauflhängungen	31
3.3.1 Bauchstielaufhängung	34
3.3.2 Heckstielaufhängung	35
3.4 Messtechnik	37

3.4.1	Kraftmessung	37
3.4.2	Stationäre Oberflächendruckmessung	43
3.4.3	Instationäre Oberflächendruckmessung	43
3.4.4	Geschwindigkeitsfeldmessung mittels Stereo Particle Image Velocimetry	46
4	Numerische Simulation	49
4.1	Numerische Methode	49
4.2	Modellierungsdetails	50
4.2.1	Randbedingungen	50
4.2.2	Modellgeometrien	50
4.3	Rechengitter	52
4.3.1	Gittergenerierung	52
4.3.2	Gitterunabhängigkeitsstudie	53
4.3.3	Einfluss der Gittertopologie	56
4.4	Validierung	58
4.4.1	Isolierte Zellenumströmung	58
4.4.2	Gesamtkonfiguration	60
4.4.3	Zusammenfassung der Validierungsergebnisse	64
5	Aerodynamische Lasten	65
5.1	Globale Lasten	65
5.1.1	Rumpfkompontenten	65
5.1.2	Interferenzeffekte der Rumpfkompontenten	94
5.1.3	Gesamtrumpfkongfiguration	101
5.1.4	Zusammenfassung	107
5.2	Lokale Lasten	109
5.2.1	Stationäre Lasten am Zellenheck	110
5.2.2	Instationäre Lasten	119
5.2.3	Zusammenfassung	127
6	Strömungsablösung und Nachlaufentwicklung	129
6.1	Strömungsablösung am Zellenheck	130
6.1.1	Einfluss der Heckform auf die Ablösetopologie	130
6.1.2	Wirkung von Rotorkopf und Landewerk auf die Strömungsablösung am Zellenheck	133
6.1.3	Zusammenfassung	136
6.2	Entstehung und Entwicklung des Rumpfnachlaufs	136
6.2.1	Einfluss der Zellenheckform auf den Rumpfnachlauf	137
6.2.2	Einfluss von Rotorkopf und Landewerk auf den Rumpfnachlauf	142
6.2.3	Zusammenfassung	144
7	Zusammenfassung und Ausblick	147
	Literaturverzeichnis	151
A	Anhang	157
A.1	Umströmung isolierter Rotorkopf	157

A.1.1	Modellierung des Rechenfalls	157
A.1.2	Validierung	158
A.2	Untersuchung zum Einfluss der Bauchstiel Windkanalmodellauflhängung	162
A.2.1	Experimentelle Untersuchungen	162
A.2.2	Numerische Untersuchung	166