

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iii
Nomenklatur	iv
1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht	3
2.1 Historische Entwicklung	3
2.2 Untersuchungen an Vögeln	4
2.3 Untersuchungen an vogelähnlichen Modellen	5
2.4 Untersuchungen an generischen Modellen	6
2.4.1 Numerische Untersuchungen in 2D und 3D	6
2.4.2 Experimentelle Untersuchungen des Nachlaufs	9
2.5 Untersuchungen des Schlagflugs von Insekten	9
2.6 Micro Aerial Vehicle	9
2.7 Einordnung der vorliegenden Arbeit	10
3 Methodik	13
3.1 Numerische Simulationsmethode	13
3.2 Netzdeformation mit RBF	20
3.3 Netzgenerierung	22
3.4 Auswertung	22
4 Entwurf des schlagenden Tragflügels	27
4.1 Wirbelmodell	27
4.2 Profil- und Tragflügelgeometrie	29
4.3 Stationäre Umströmung des Flügels	31
4.4 Transition laminar-turbulent	32
4.5 Kinematik	33

5	Verifikation	41
5.1	Netzkonvergenz	41
5.2	Konvergenz der zeitlichen Auflösung	42
5.3	Konvergenz der instationären Simulationen	43
5.4	Vergleich von Netzdeformation und Starrkörperbewegung	45
5.5	Auswertung	45
6	Ergebnisse	49
6.1	Harmonische Bewegungsformen	49
6.1.1	Kompensation des induzierten Anstellwinkels	49
6.1.2	Vortriebswirkungsgrad des schlagenden und tordierenden Tragflügels	62
6.2	Nicht harmonische Bewegungsformen	65
6.2.1	Einsatz eines zweiten Gelenks	65
6.2.2	Nachrechnung eines vermessenen Vogelflügelmodells	67
6.2.3	Schub und Vortriebswirkungsgrade der nicht harmonischen Bewegungsabläufe	70
7	Zusammenfassung und Ausblick	73
	Literaturverzeichnis	77
A	Anhang	87
A.1	Geometrie des <i>F0808</i>	87
A.1.1	Profilkoordinaten	88
A.2	Geometrie des Doppeltrapezflügels	90
A.3	Netzgenerierung	91
A.4	Bewegungsparameter des Profilschnittes $\eta = 0,8$	91
A.5	Veröffentlichte Teile der Arbeit	103