



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN

University of Applied Sciences

Fachbereich VIII
Verfahrens- und Umwelttechnik

Masterarbeit zur Erlangung des Grades
Master of Engineering (M.Eng.)

Numerische Simulation der Aerodynamik eines H-Rotors mit ANSYS CFX

vorgelegt von

Dipl. Ing. (FH) Sven Schlichting

Matrikelnummer 7536840

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Bartsch
Zweitgutachter: Dr.rer.nat Spille-Kohoff

Berlin, den 15. Oktober 2009

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	IX
-------------	----

Kapitel 1

Einleitung	1
1.1 Einführung in die Problematik des Energieverbrauchs	2
1.2 Regenerative Energien in Deutschland	9
1.3 Windkraft in Deutschland und der Welt	11
1.4 Ziel dieser Arbeit	14
1.5 Aufbau der Arbeit	14

Kapitel 2

Grundlagen	15
2.1 Bauarten von Windkraftanlagen	16
2.2 Vorhergegangene Untersuchungen von H-Rotoren	23
2.3 Physikalische Grundlagen der Profilmströmung	24
2.4 Grundlagen der numerischen Strömungsberechnung	29

Kapitel 3

Methoden zur Variation des Anstellwinkels	33
3.1 Das Profil FX77-W-500	34
3.2 Geometrie und Berechnungsgitter	36
3.3 Standardrandbedingungen	42
3.4 Vorstellung der unterschiedlichen Methoden	44
3.5 Untersuchungsmethode und Ergebnisse für die Simulationen ohne Profil	50
3.6 Untersuchungsmethode und Ergebnisse für die Simulationen mit Profil	54
3.7 Fazit zur Voruntersuchung	60

Kapitel 4

Simulation eines H-Rotors - Hauptuntersuchung	61
4.1 Anfänge der systematischen Entwicklung von Flügelprofilen	61
4.2 NACA Profile der 4er-Serie	62
4.3 Aufbau des untersuchten H-Rotors	67
4.4 Geometrie und Berechnungsgitter	68
4.5 Einstellungen und Randbedingungen	73
4.6 Einfluss der numerischen Modelle auf die Simulation	75
4.7 Einfluss des Einstellwinkels auf Hochlauf- und Arbeitsbereich	86
4.8 3D-Simulation des H-Rotors	90
4.9 Fazit	93

Kapitel 5

Ausblick	95
Literaturverzeichnis	97
Anhang	100

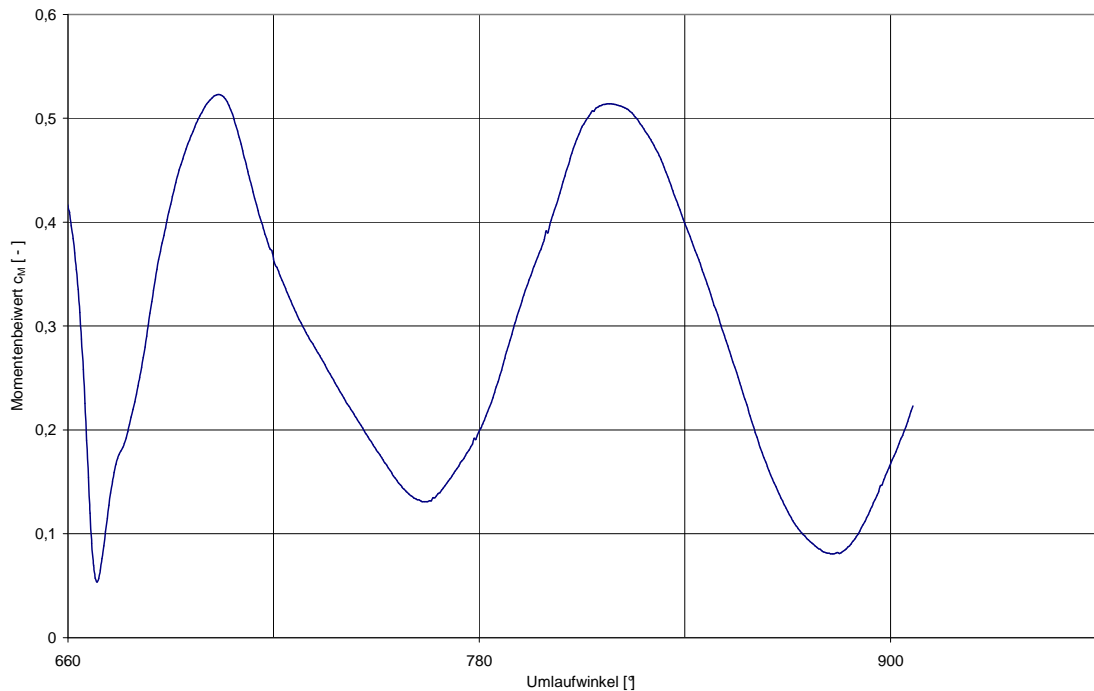


Abbildung 4-28: Verlauf des Momentenbeiwertes bei der 3D-Simulation des H-Rotors bei einer Schnelllaufzahl von 2,0, einem Einstellwinkel von $+6^\circ$ und einem „Deg Step“ von 0,5

4.9 Fazit

Die Momentenbeiwerte der simulierten H-Rotoren mit unterschiedlichen Einstellwinkeln lassen sich vor allem bei höheren Schnelllaufzahlen sehr gut abbilden. Durch vielfältige Faktoren können die Simulationen beeinflusst werden. Als besonders wichtig hat sich dabei die Gebietsgröße, deren Auflösung und die Zeitschrittweite erwiesen. Bei den Simulationen wurde festgestellt, dass man sehr viele Zeitschritte rechnen muss, um konstante Momentenbeiwerte zu erzielen. Durch kleine Zeitschrittweiten, welche nötig sind, wird dies noch verstärkt. Leider mussten aus Zeitmangel viele Simulationen beendet werden, bevor diese einen konstanten Verlauf des Momentenbeiwertes zeigten, obwohl durchschnittlich 30 Tage pro Simulation für die Hauptuntersuchung auf einem Kern gerechnet wurde. Hätte man diese Simulationen zu Ende führen können, könnte man eine genauere Aussage über die nötige Anzahl an Zeitschritten machen.