



BEUTH HOCHSCHULE  
FÜR TECHNIK  
BERLIN

University of Applied Sciences

# Überprüfung und Optimierung eines Francis-Turbinenentwurfes mittels numerischer Strömungssimulation

vorgelegt von

**Robert Fechner**

Matrikel-Nr.: 769439

Beuth Hochschule für Technik Berlin  
Fachbereich VIII Maschinenbau, Veranstaltungstechnik, Verfahrenstechnik  
Maschinenbau-Erneuerbare Energien Bachelor

Bachelor of Engineering  
- B.Eng. -

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Peter Bartsch (BHT Berlin)  
Zweitgutachter: Dipl.-Ing. Uwe Salecker (CFX Berlin Software GmbH)

Berlin, 1. Oktober 2013

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Hintergrund . . . . .	1
1.2	Zielsetzung . . . . .	2
1.3	Gliederung . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>4</b>
2.1	Wasserkraftanlagen . . . . .	4
2.1.1	Entwicklung und Potential der Wasserkraftnutzung . . . . .	4
2.1.2	Wasserkraftanlagen und Wasserturbinen . . . . .	4
2.1.3	Francis-Turbine . . . . .	6
2.1.4	Auslegung von Turbinen . . . . .	10
2.2	Numerische Strömungssimulation . . . . .	12
2.2.1	Erhaltungsgleichungen . . . . .	13
2.2.2	Turbulenzmodelle . . . . .	14
2.2.3	Diskretisierung . . . . .	15
2.2.4	Rechennetz . . . . .	15
2.2.5	Strömungssimulationen in der ANSYS Workbench . . . . .	17
2.2.6	Interfaces in ANSYS CFX . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Überprüfung des Francis-Turbinenentwurfes</b>	<b>19</b>
3.1	Überprüfung des vorhandenen 3D-CAD-Modells . . . . .	19
3.2	Parametrisiertes 3D-CAD-Modell . . . . .	19
3.3	Vernetzung . . . . .	23
3.4	Randbedingungen und Lösereinstellungen . . . . .	32
3.5	Numerische Berechnung . . . . .	33
3.6	Auswertung der numerischen Berechnung . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Optimierung des Francis-Turbinenentwurfes</b>	<b>45</b>
4.1	Vorgehen und Ziele der Optimierung . . . . .	45
4.2	Setup der Optimierung . . . . .	45
4.3	Erste Optimierung . . . . .	45
4.4	Zweite Optimierung . . . . .	51
4.5	Dritte Optimierung . . . . .	53
4.6	Vierte Optimierung . . . . .	58
4.7	Fünfte Optimierung . . . . .	59
<b>5</b>	<b>Optimierter Francis-Turbinenentwurf</b>	<b>61</b>
5.1	Änderungen zur Ausgangsgeometrie . . . . .	61
5.2	Unabhängigkeitsstudie der Lösung von der Netzfeinheit . . . . .	63
5.3	Kennlinien . . . . .	64
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>67</b>
	<b>Literatur</b>	<b>68</b>