

Zusammenfassung

Durchström-Gezeitenturbinen stellen aufgrund ihres omnidirektionalen Betriebs und ihrer im Vergleich zu Axialströmungsturbinen höheren flächenbezogenen Leistungsdichte eine vielversprechende Technologie zur Nutzung von Gezeitenenergie dar. Da sich die Turbinenblätter jedoch um eine zur Anströmung senkrecht stehende Rotationsachse drehen, sind sie während einer Umdrehung kontinuierlich wechselnden Anstellwinkeln ausgesetzt. Dies führt zu komplexer Rotorhydrodynamik, die mit einem reduzierten Wirkungsgrad sowie ausgeprägten Wechselbelastungen einhergeht und das Risiko von Materialermüdung erhöht. Ein vielversprechender Ansatz zur Minderung dieser Nachteile ist die aktive Blattverstellung, bei der der Anstellwinkel der Blätter mithilfe eines Pitchmechanismus kontinuierlich angepasst wird.

Aus diesem Grund untersucht das interdisziplinäre OPTIDE-Projekt (experimentelle und numerische Optimierung einer Durchström-Gezeitenturbine) das Potenzial einer blattintegrierten Rotorblattverstellung, um sowohl die Turbinenleistung zu steigern als auch die strukturellen Belastungen zu reduzieren. Dies erfolgt durch numerische und experimentelle Ansätze. In diesem Rahmen trägt die vorliegende Dissertation durch die Anwendung einer Optimierungsmethodik bei, die eine numerische Optimierung der Schaufelgeometrie und eine experimentelle Optimierung der aktiven Pitchfunktion umfasst.

Im numerischen Teil der Arbeit werden zweidimensionale instationäre Reynolds-gemittelte Navier-Stokes-Simulationen eingesetzt, um eine Turbine mit fester Schaufelstellung zu charakterisieren. Dieser numerische Rahmen wird anschließend mit einem genetischen Algorithmus gekoppelt, um eine vollautomatisierte Optimierung der Schaufelgeometrie durchzuführen. Dabei werden explizit die geometrischen Einschränkungen des blattintegrierten Pitchmechanismus berücksichtigt und ein Indikator für ermüdungsrelevante Wechselbelastungen eingeführt. Die Ergebnisse ermöglichen die Identifikation geeigneter Rotorblattgeometrien, die für den Pitchmechanismus geeignet sind und strukturelle Belastungen reduzieren sowie den Leistungskoeffizienten gegenüber einer Referenzturbine erhöhen.

Experimentell wird ein vollständig instrumentiertes Turbinenmodell mit blattintegriertem Pitchmechanismus entwickelt und in einem Laborkanal untersucht. Nach der Charakterisierung der Referenzkonfiguration mit fester Schaufelstellung wird der Versuchsaufbau mit einem Optimierer gekoppelt, um eine experimentelle Optimierung der Pitchfunktion durchzuführen. Dabei besteht das Optimierungsziel darin, das Drehmoment zu erhöhen. Die Ergebnisse zeigen signifikante Leistungssteigerungen von fast 100% gegenüber der Referenzturbine und offenbaren günstige Zielkonflikte zwischen Leistung, Pitch-Verbrauch, Stellbereich und einem Blattbelastungsindikator, die zukünftige Untersuchungen motivieren.