

Strom der Gezeiten

Markus SCHNEEBERGER

Andritz Hydro GmbH

Lunzerstraße 78, 4030 Linz

markus.schneeberger@andritz.com

www.andritz.com

1 Aktueller Technologieüberblick über Meeresenergie und Gezeitenkraftwerke

Der Vortrag gibt einen Überblick über den Stand der Meeresenergie, einem neuen innovativen Gebiet der Energieerzeugung. Andritz Hydro ist als österreichisches Unternehmen sowohl bei Gezeitenkraftwerken als auch bei Gezeitenströmungsmaschinen in diesem Gebiet führend tätig. Zunächst wird auf die Funktionsweise der Anlagen eingegangen und in weiterer Folge über die Erkenntnisse aus Referenzprojekten in diesem spannenden Umfeld berichtet.

1.1 Technologieüberblick Meeresenergie:

- Die Kraft der Ozeane, Funktionsprinzipien
- Technologievergleich Gezeitenströmungsturbinen und Wellenenergie

1.2 Gezeitenströmungsturbinen – Projekt- und Technologieübersicht:

- Erfolgreicher HS 1000 Prototypentest (1 MW Turbine, Orkney / European Marine Energy Centre)
- Weltweit erster kommerzieller Auftrag MeyGen: 3 x 1,5 MW Pentland Firth, Schottland

1.3 Gezeitenkraftwerke – Projekt- und Technologieübersicht:

- Andritz Hydro Referenz „Annapolis“ (Kanada), Rehabilitation „La Rance“ (Frankreich)
- Bau des größten Gezeitenkraftwerks der Welt „Sihwa“ (10 x 26 MW, Südkorea)
- Konzept des ersten Gezeiten-Lagunen Kraftwerksprojekts „Swansea Bay“ (Wales) mit 16 x 22 MW, drehzahlvariable und doppelwirkende Axialturbine, bisher größtes Wasserkraftwerk mit Vollumrichter-Netzeinspeisung.

Keywords: Gezeitenkraftwerk, Gezeitenströmungsturbine, MeyGen, Sihwa, Swansea Bay

2 Energie aus den Ozeanen

Konventionelle Wasserkraftwerke sind vom Prinzip her eine indirekte Nutzung der Sonnenenergie. Lauf- und Speicherkraftwerke werden in den Wasserkreislauf der Natur eingebaut, der von der Sonnenstrahlung angetrieben wird.

Gezeitenenergie hingegen ist Mondenergie, da die ununterbrochen veränderlichen Wasserspiegelschwankungen der Ozeane durch die relative Position von Mond, Erde und Sonne sowie durch die über der Erdoberfläche leicht unterschiedliche Fliehkraft der gemeinsamen Rotation von Mond und Erde erzeugt werden. Ein Gezeitentag misst 24 Stunden und 48,8 Minuten, somit werden die Ozeane zwei Mal pro Tag angehoben und zwei Mal pro Tag abgesenkt.

Diese immensen physikalischen Kräfte könnten eine weitere bedeutsame erneuerbare Energiequelle sein, die sauber, verlässlich und im Gegensatz zur direkten Sonnenenergie und Windkraft präzise vorhersagbar ist. Das weltweit mögliche Potenzial wird mit mehr als 150 TWh abgeschätzt.

Es gibt zwei Möglichkeiten zur Nutzung:

- **Potenzielle Energie aus den Tidenhuben:**
Gezeitenkraftwerke („Tidal Barrage“ oder „Tidal Lagoon“), Bauweise ähnlich Laufkraftwerkstechnologie, Tidenhub = Gefälle von 0,5 bis 10 m
- **Kinetische Energie aus Ausgleichsströmungen in Küstennähe:**
Gezeitenströmungsturbinen („Tidal Kinetics“ oder „Tidal Stream“), Bauweise basierend auf Windkrafttechnologie, Strömungsgeschwindigkeiten bis 3,5 m/s

	
Gezeitenkraftwerk (Sihwa, Südkorea), „Tidal Barrage“ / „Tidal Lagoon“	Gezeitenströmungsturbine HS 1000, „Tidal Kinetics“ / „Tidal Stream“







3 Gezeitenströmungsturbinen – Projekt- und Technologie-übersicht

Bevorzugte Technologiebasis von Gezeitenströmungsturbinen ist die Windkraft. Systeme, die sich in der Windkraft bewährt haben, können mit entsprechenden Anpassungen auch bei Unter-Wasserströmungsturbinen angewandt werden. Leicht erkennbare Merkmale sind die Wahl von Dreiflüglern mit variabler Drehzahl, single-blade Pitching zur Regelung der Maschinen und die Verwendung von Getrieben und Asynchrongeneratoren bzw. getriebelose Lösungen mit Permanentmagneten.

ANDRITZ HYDRO übernahm im Jahr 2010 Anteile an einem in dieser Branche bereits tätigen Unternehmen, das in Hammerfest im hohen Norden Norwegen bereits 2003 eine 300kW Versuchsanlage gebaut und erfolgreich betrieben hat. Da der erfolgversprechendste Markt für diese Turbinen vor allem in Großbritannien gesehen wurde, kam es zu einer Standortgründung in Glasgow.

So wurde gemeinsam eine 1000 kW Prototypmaschine entwickelt, die für den Einsatz im „European Maritime Energy Centre“ auf den Orkney Inseln zum Einsatz kam.

Diese Maschine wurde Ende 2012 installiert und war die weltweit erste 1MW-Gezeitenströmungsturbine, die in einem vollautonomen Betrieb mehr als 1 GWh ins öffentliche Netz einspeiste.

		
Transport der Nacelle (Weiz)	Vormontage am Kai	Offshore Installation
		
Auf „OIG Giant“ vor Installation	Einheben ins Wasser	Offshore Kabelverlegung (DP Vessels)

Ende 2014 erhielt ANDRITZ HYDRO Hammerfest von der britischen Gezeitenkraftentwicklungsgesellschaft MeyGen Ltd. den Auftrag zur Lieferung von drei 1,5-

MW-Gezeitenströmungsturbinen für eine geplante Anlage im Pentland Firth, Schottland. In Bezug auf Strömungsgeschwindigkeiten und Anforderungen aus Wellen und Turbulenzbeeinflussungen gilt der Pentland Firth als einer der herausforderndsten Standorte zur Energiegewinnung mittels Gezeitenturbinen. Sorgfältige Konstruktion, Fertigung und Montage der eingesetzten Technologie sind hier unerlässlich, um einen effizienten und wirtschaftlichen Betrieb der Turbinen sicherzustellen.

Es handelt sich um den weltweit ersten kommerziellen Auftrag zur Lieferung von großen Gezeitenströmungsturbinen und ist Teil der ersten Projektphase. Die Offshore-Designvorschriften verlangen, dass alle installierten Konstruktionen auf Sturmbedingungen mit einer doppelt so langen Wiederkehrperiode als ihre Lebensdauer ausgelegt sind.

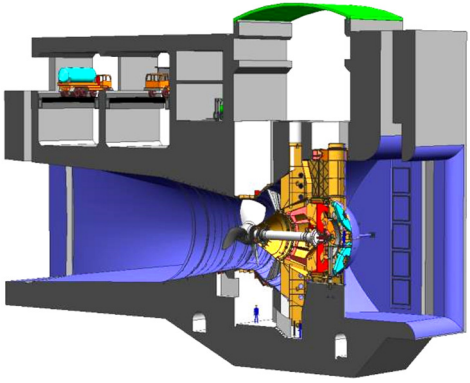

Die Hauptkomponenten der Turbine – einschließlich Rotorblätter, Nabe und Frontplatte mit Hauptlager, Hauptwelle, Rotorblatt-Verstellmechanismus, Turbinengondel-Nachführsystem sowie Zusammenbau und Test der Turbinen vor der Anlieferung – werden von ANDRITZ HYDRO in Ravensburg, Deutschland geliefert. ANDRITZ HYDRO Wien, entwickelt und liefert die elektrischen und steuerungstechnischen Ausrüstungen der Turbinen.

Langfristig plant MeyGen die Installation von 269 Gezeitenturbinen mit einer Gesamtleistung von 398 MW und einer erwarteten durchschnittlichen Jahresproduktion von 4,4 GWh pro Turbine.

4 Gezeitenkraftwerke – Projekt- und Technologieübersicht

Auch im Bereich der Gezeitenkraftwerke ist ANDRITZ HYDRO in führender Rolle aktiv. Bis heute gibt es nur 3 nennenswerte Anlagen mit Maschinenleistungen von über 10 MW. Bei La Rance (Frankreich, 24 x 10 MW, erbaut in den 1960er Jahren) wird derzeit ein Modernisierungsprojekt durchgeführt. Annapolis (Nova Scotia, Kanada, 1 x 18MW, Inbetriebnahme 1984) ist eine eigene Referenz.

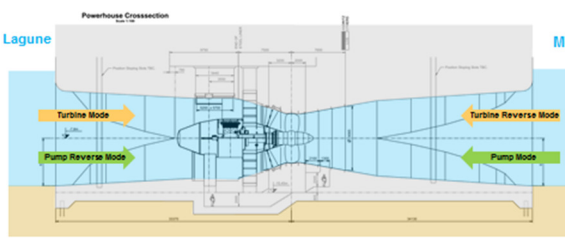
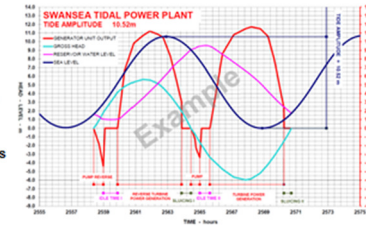
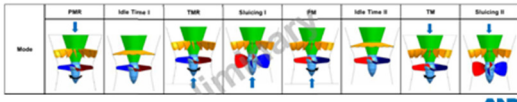
Auch beim derzeit größten Gezeitenkraftwerk der Welt (Sihwa, Südkorea, 10 x 26 MW, Inbetriebnahme 2012) kommt das gesamte Design, sowie in großer Teil der Lieferungen von ANDRITZ HYDRO. Die Anlage ähnelt auf den ersten Blick einem Rohrturbinen-Laufkraftwerk herkömmlicher Bauweise, verfügt aber über ein umfangreiches Kathodenschutzsystem als Korrosionsschutz und die Turbinenkomponenten sind aus unterschiedlichen seewasserbeständigen Stählen gefertigt. Zusätzlich werden die Maschinen durch zahlreiche Start- und Stoppvorgänge sowie einen Rückwärtsbetrieb dynamisch deutlich höher belastet als bei anderen Anlagen üblich.

	
3D Schnitt Sihwa / Südkorea: 10 x 26 MW, Laufraddurchmesser 7,5 m	Laufblad Sihwa von Unterwasserseite, Kathodenschutz am Laufradmantel

Während bisherige Gezeitenkraftwerke in natürliche Meeresbuchten gebaut wurden, stellt die Errichtung einer künstlichen Lagune direkt im Meer den neuesten Stand der Technik dar.

Im Februar 2015 nominierte Tidal Lagoon Swansea Bay plc. das Konsortium GE/ANDRITZ HYDRO als bevorzugten Anbieter mit der Lieferung der elektromechanischen Ausrüstung für das weltweit erste Gezeitenlagunenkraftwerk in der Swansea-Bucht, Wales, UK. Jeder der 16 Maschinensätze wird über mehr als 20 MW installierte Leistung verfügen. Für dieses Projekt wurde ein ganz spezieller Turbinentyp entwickelt, der Pump-, Turbinen- und Schleusenbetrieb in beide Betriebsrichtungen ermöglicht. Diese Anlage wird das bisher größte Wasserkraftwerk mit Vollumrichter-Netzeinspeisung sein, alle Maschinen werden drehzahlvariabel betrieben.

Eine Vereinbarung über die Durchführung von Vorarbeiten wurde nun unterzeichnet. Das Ausschreibungsvolumen für das Konsortium beträgt rund 400 Millionen Euro. Der auf ANDRITZ HYDRO entfallende Anteil beläuft sich auf etwa 250 Millionen Euro – mit einem wesentlichen Anteil an lokaler Wertschöpfung. Das Inkrafttreten des Hauptauftrags für die Lieferung der elektromechanischen Ausrüstung ist – nach Erfüllung aller Erfordernisse – im Laufe des heurigen Jahres geplant, der Start des kommerziellen Betriebs ab 2019.

<p>Tidal Lagoon Swansea Bay Betriebsweise</p>  <p>ANDRITZ Hydro</p>	<p>Tidal Lagoon Swansea Bay Betriebsweise</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betriebsarten <ul style="list-style-type: none"> • Turbinenbetrieb • Pumpbetrieb • Turbinenbetrieb rückwärts • Pumpbetrieb rückwärts • Schleusenbetrieb • Schleusenbetrieb rückwärts   <p>ANDRITZ Hydro</p>
Maschinenschnitt Tidal Lagoon Swansea Bay	Darstellung der 6 Betriebsarten