



Bild 1: Eine rund 6 m breite Turbine von Openhydro auf dem Meeresboden erzeugt Energie aus Meeresströmung. Simulation: Openhydro

Die Kraft des Meeres

Derzeit konkurrieren zahlreiche Unternehmen um die beste Lösungen bei Wellen- und Meeresströmungskraftwerken

Der Mond und der Wind haben großen Einfluss auf das Meer – schließlich bringen beide Kräfte die Wassermassen in Meeren in Bewegung. Und diese Bewegung kann in Energie umgewandelt werden. Der World Energy Council geht davon aus, dass Meeresenergie in Zukunft 2.000 TWh pro Jahr generieren kann; das sind rund 10 % des globalen Strombedarfs. Derzeit befindet sich die Branche in der Aufbruchphase: Zahlreiche Unternehmen testen unzählige Ansätze. Industrielle Reife haben derzeit nur Gezeitenkraftwerke mit konventioneller Turbinentechnik erlangt, Anlagen für die Nutzung von Wellen- und Meeresströmungsenergie stecken noch in der Entwicklungsphase.

Die Meeresenergienutzung wird in den nächsten Jahren stark wachsen. Das Consulting-Unternehmen Douglas-Westwood veröffentlichte eine Studie mit dem Titel „The World Wave & Tidal Market Report 2009-2013“. Demnach erwarten die Analysten in diesem Jahr Zuwächse von rund 6 MW, 2010 von 11 MW und ab 2011 in Höhe von 23 MW. Das dominierende Land für Meeresenergie wird in naher Zukunft Großbritannien sein, da gerade in Schottland extrem gute Bedingungen vorherrschen (siehe Diagramm 1, S. 79).

Die Strömungen im Meer sind unterschiedlicher Natur. Deshalb muss mit unterschiedlichen Ansätzen agiert werden: Oberflächlich zeigen sich die vom Wind induzierten Wellen und der durch den Mond verursachte Tidenhub; im Innern des Wasserkörpers ruht das Wasser nicht, sondern ist einer ständigen Strömung ausgesetzt. Die Ursachen sind unterschiedlich: In erster Linie ist der Gezeitenwechsel

zu nennen, doch auch Temperaturdifferenzen oder unterschiedliche Salzkonzentrationen oder Sonneneinstrahlungen können die Strömung antreiben. Aufgrund dieser Struktur der Bewegung im Meer gehen Wissenschaftler mit ganz unterschiedlichen Konzepten ans Werk.

Wechsel der Gezeiten

Die größte Erfahrung existiert derzeit auf dem Gebiet der Gezeitenkraftwerke. Diese Anlagen nutzen den Wasserstandsunterschied zwischen Ebbe und Flut. Vom Aufbau her ähneln sie Flusskraftwerken mit einem Staudamm und darin integrierten Turbinen. Die große Schwierigkeit besteht darin, einen geeigneten Standort für solch ein Kraftwerk zu finden. Schließlich bedarf es für ein Gezeitenkraftwerk bei konventioneller Turbinentechnologie einen Tidenhub von mindestens 5 m, um die Anlage wirtschaftlich zu betreiben. Zudem muss sich der Damm am Eingang einer Bucht befinden.

Erste Gezeitenanlagen gab es bereits im Mittelalter. So arbeiteten Mehlmühlen im Mündungsbereich großer Flüsse mit Hilfe der Tidenkraft. Einen Meilenstein dieser Technologie stellt das Gezeitenkraftwerk Usine de la Rance bei St. Malo an der französischen Atlantikküste dar. Im Jahr 1966 in Betrieb gegangen, leistet die Anlage etwa 240 MW. Die Staudammlänge beträgt rund 750 m; der Tidenhub erreicht Unterschiede von 8 bis 13 m.

Bislang galt Usine de la Rance als größtes Meereskraftwerk. 2010 wird aber das Gezeitenkraftwerk am Shiwa-See in Südkorea vollends in Betrieb gehen, eine

Leistung von 260 MW erbringen und damit den 1. Platz in diesem Sektor erlangen. Mit dem Bau des 12,7 km langen Damms wurde bereits 1994 begonnen. 2007 startete der österreichische Turbinenbauer Andritz Hydro mit der Installation der ersten von zehn 26-MW-Wasserturbinen.

Derzeit gibt es diverse Pläne für noch größere Gezeitenkraftwerke. Ein ambitioniertes Projekt scheint das Severn Tidal Barrage (STB, Südengland) mit einem 16 km langen Damm zwischen Lavernock Point und Breaun Down in der Severnmündung. 200 Turbinen sollen eine Leistung von rund 8,6 GW erbringen. Mit diesem Projekt könnte das Land rund ein Zehntel seines Strombedarfs decken.

Das Potenzial für Gezeitenkraftwerke ist nicht sehr hoch. Nach einer Studie von Dornier Systems existieren auf der Welt lediglich 37 Standorte für Gezeitenkraftwerke. Diese liegen vor allem in Großbritannien, China, Alaska, Kanada, Korea und Australien. Zudem ist die Stromerzeugung nicht kontinuierlich und die Turbinen sind hoher Korrosion durch Salzwasser



Bild 4: Der Wave Roller nutzt Meeresströmung am Grund. Foto: AW Energy



Bild 2 (oben): Bojentechnologie – Energiegewinnung über das Auf und Ab der Wellen.

Foto: Iberdrola

Bild 3 (links): Seagen arbeitet mit zwei Rotoren à 600 kW.

Bild: Marine Current Turbines

ausgesetzt. Und für Gezeitenkraftwerke braucht es einen großen Damm, der das Landschaftsbild nachhaltig verändert.

Alternativen zu Gezeitenkraftwerken bilden die Wellen- und die Meeresströmungsenergie. Experten schätzen das globale Wellenenergie-Potenzial auf rund 1.000 bis 10.000 GW. Die besten Wellenenergie-Standorte finden sich in den gemäßigten Zonen (30–60° Breitengrad), in denen es zu heftigen Stürmen kommt. Diese Standorte erlauben Leistungs-niveaus von 20 bis 70 kW/m. In diesem Sektor gibt es nun eine Vielzahl an Erfindungen, die vor allem aus Großbritannien kommen, weil im Norden der Insel beste Voraussetzung für ihre Anwendung bestehen. Die unterschiedlichen Ansätze können in drei Kategorien eingeteilt werden: Hydrodynamische Bewegung (Oscillating bodies), welleninduzierte Fallhöhe (Overtopping), und oszillierende Wassersäule (Oscillating water column).

Hinter diesen komplizierten Fachausdrücken stecken einfachste Prinzipien. Unter hydrodynamischer Bewegung ver-

steht man die Nutzung der Wellen durch sich bewegende Objekte wie eine Boje. Ein gutes Beispiel für diese Technologie ist die Entwicklung von Iberdrola (s. Bild 2). Der schwimmende Körper ist mit dem Meeresboden verbunden und geht mit jeder Welle auf und ab. Diese periodische Bewegung wird entweder linear oder über einen hydraulischen Umweg in Elektrizität verwandelt.

Einen anderen Ansatz nutzt Pelamis Wave Power (s. Bild 7, S. 80). Pelamis (lat. Seeschlange) baut rund 3,5 m breite und 120 m lange Rohrsysteme, die zahlreiche Knickstellen aufweisen. Durch die Knickstellen kann sich das Rohrsystem dem Wellengang angleichen. Gleichzeitig wird jede Veränderung im Knick über eine Hydraulik in Energie umgewandelt. Eine derzeitige Seeschlange weist eine Leistung von 750 kW auf. Im nächsten Jahr will Pelamis Wave Power die P2 mit einer Länge

von 180 m herausbringen. Der Stromversorger E.on hat bereits erste Kraftwerke für ein Pilotprojekt geordert.

Ebenfalls im Sektor hydrodynamische Bewegung sind die untermeerischen Ansätze der Unternehmen AW Energy und Aquamarine Power einzuordnen. AW Energy (s. Bild 4), ein finnisches Cleantech-Unternehmen, hat jüngst eine Förderung der EU über 3 Mio. € erhalten. Zusammen mit den Unternehmen Bosch-Rexroth und ABB baut AW Energy eine 300-kW-Anlage seines Konzepts Wave Roller vor der portugiesischen Küste, in Peniche, der „Hauptstadt der Wellen“. Wave Roller, einem großen Schild ähnlich, wird am Meeresboden installiert und nutzt die Kraft der Tiefenwellen. Das oszillierende Schild wandelt am Meeresboden über eine Hydraulik die Kraft in Energie um. Einen anderen Ansatz verfolgt Aquamarine Power:

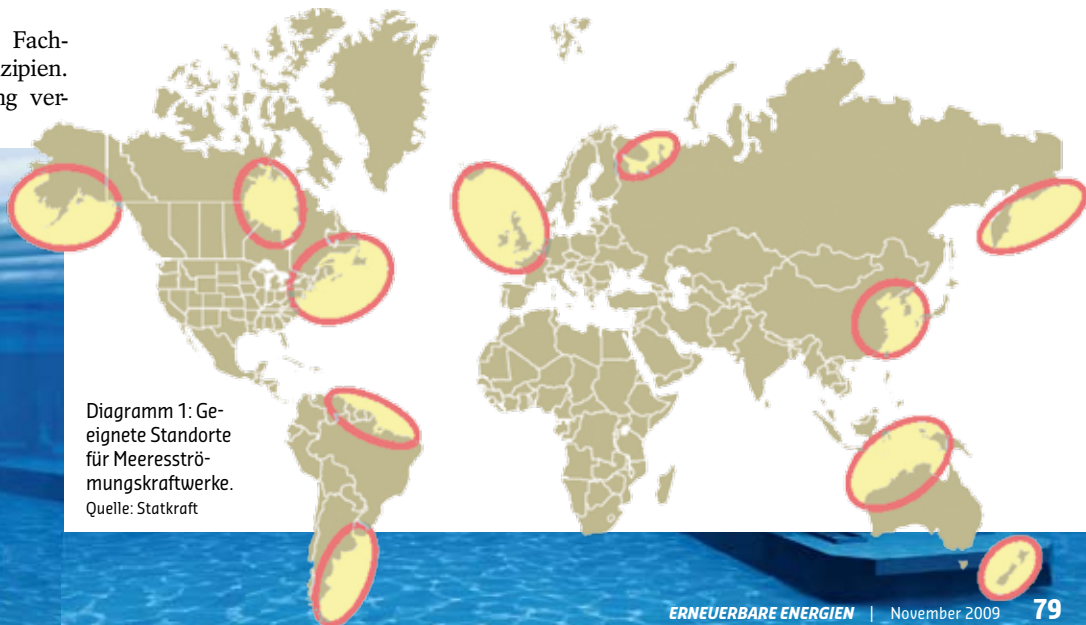


Diagramm 1: Geeignete Standorte für Meeresströmungskraftwerke. Quelle: Statkraft



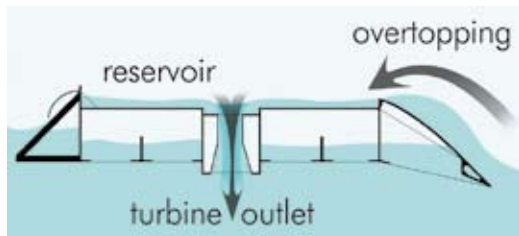


Bild 5: Overtopping-Prinzip. Foto: Wave Dragon

Das britische Unternehmen hat bei dem Produkt Oyster nur das bewegliche Schild im Meer ausgebracht. Die Kraft wird über Wasserdruck an Land geleitet und dort in Strom umgewandelt. So schützt man die Stromgeneratoren vor dem korrosiven Salzwasser.

Welleninduzierte Fallhöhe

Als ein weiterer Großsektor im Rahmen der Wellenenergie gilt die welleninduzierte Fallhöhe (Overtopping). Ein Beispiel für diese Strategie ist das Konzept des dänischen Unternehmens Wave Dragon (s. Bild 5 + Titelbild). Dabei werden die Wellen in einem freischwimmenden Konstrukt V-förmig auf ein erhöhtes Plateau geleitet. Von diesem Sammelbecken fließt das Wasser über eine Turbinen wieder nach unten und erzeugt Strom.

Der dritte Weg zur Nutzung der Wellenenergie besteht im Prinzip Oszillierender Wassersäule. Dabei wird ein geschlossener Raum über das Meer gebaut (s. Bild 6). In diesem Dach befindet sich ein Loch mit einer luftdruckbetriebenen Wells-Turbine. Kommt eine Welle an, wird Luft in dem geschlossenen Raum komprimiert und treibt die Wells-Turbine an. Das Unternehmen Wavegen, Tochter des deutschen Turbinenherstellers Voith Hydro, hat nach diesem Prinzip auf der schottischen Insel Islay seit dem Jahr 2000 eine 250-kW-Pilotanlage mit dem Namen Limpet (Land Installed Marine Power Energy Transformer) laufen. Nach dem gleichen Prinzip werden derzeit in der nordspanischen Stadt Mutriku 16 Wells-Turbinen in die neu installierte Hafennole gebaut. Diese 300-kW-Anlage stellt das erste kommerzielle Wellenkraftwerk der Welt dar. Es liefert Strom für rund 250 Haushalte dieser Stadt. Derzeit arbeitet Voith Hydro an der Realisierung eines 4-MW-Wellenkraftwerks in der Siadar Bay auf der schottischen Hebrideninsel Lewis.

Neben der Nutzung der Wellenenergie spielt die Nutzung der Meeresströmung bei Wissenschaftlern eine bedeutende Rolle. Als das erste 300-kW-Pilotprojekt gilt das Meeresströmungskraftwerk Seaflow. Es wurde 2003 vor der Südwestküste Englands ins Meer gelassen und hatte erstmalig die Tauglichkeit solcher Anlagen unter Beweis gestellt. Mit an der Entwicklung beteiligt war das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Systemtechnik (das ehemalige Iset) in Kassel. Schließlich mussten für

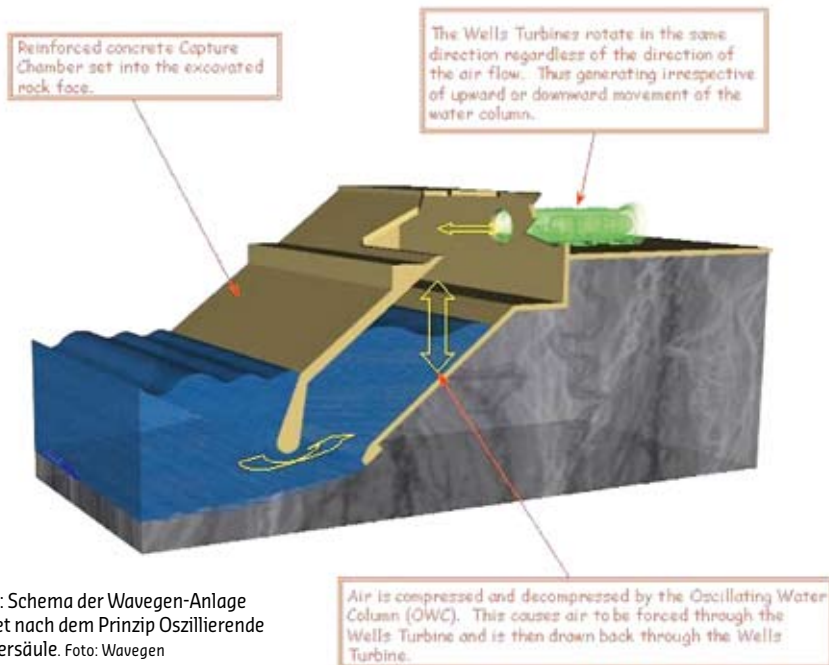


Bild 6: Schema der Wavegen-Anlage Limpet nach dem Prinzip Oszillierende Wassersäule. Foto: Wavegen

das Strömungskraftwerk Erfahrungswerte aus der Windtechnik integriert werden.

Solche Anlagen brauchen Standorte mit einer Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 2 bis 3 m/s. Zu finden sind diese Bedingungen bevorzugt an Landspitzen und Meeresbuchten, zwischen Inseln und in Meerengen. Die Tiefe sollte zwischen 25 und 40 m sein. In Europa finden sich derzeit rund 100 geeignete Standorte mit einem Potenzial von rund 12 GW. Großbritannien zum Beispiel könnte allein rund 10 bis 20 % seines Energiebedarfs allein mit der Nutzung der Meeresströmung decken.

Eine Unterwassermühle

Das Nachfolgeprojekt von Seaflow ist Seagen. Das Unternehmen Marine Current Turbine (MCT) hat im April 2008 in der nordirischen See bei Strangford Lough eine 1,2-MW-Turbine im Meer installiert (s. Bild 3, S. 79). Die Anlage besteht aus zwei 600-kW-Turbinen; die zweiflügeligen Rotoren haben einen Durchmesser von 16 m. MCT arbeitet mit RWE npower renewables an der Entwicklung eines 10,5-MW-Parks. Das Projekt an der Küste von Anglesey, Nordwales, soll in 2011/2012 in Betrieb gehen.

Der Preis solch einer Anlage liegt derzeit bei rund 4 Mio. £/MW (4,37 Mio. €), erklärt Sylvie Head, Sprecherin von MCT. Durch die Skaleneffekte sinke aber der Preis. So erwartet MCT bei einer installierten Leistung von 500 MW Preise von 2,5 Mio. £/MW (2,73 Mio. €). Bei größeren Installationszahlen von 1.000 MW sinke der Preis weiter auf 2 Mio. £ (2,18 Mio. €). „Damit ist es kostengünstiger wie Off-

shore-Wind“, so Head. Mit dem Vorteil, dass Meeresströmung wetterunabhängig ist und sehr konstant auftritt.

Entsprechend der Höherkalierung werden auch die Stromgestehungskosten sinken. Kostete die erzeugte kWh Strom beim Pilotprojekt Seaflow noch rund 33 Ct/kWh, erwarten Experten eine Reduzierung der Kosten bis auf 5 bis 10 Ct/kWh bei hoher Serienfertigung.

Einen anderen Weg geht Openhydro. Das irische Unternehmen hat jüngst zusammen mit Nova Scotia Power eine 1-MW-Anlage für den Einsatz in der kanadischen Bay of Fundy enthüllt (s. Bild 1, S 78). Während Seaflow und Seagen mit einem 2-Blatt-Rotor arbeiten, nutzt Openhydro eine Turbine mit innen liegendem Laufrad.

Diese Kraftwerke haben erstmals die MW-Grenze durchbrochen. Bis höhere Dimensionen erreicht werden, gehen sicher noch einige Jahre ins Land. „Wir werden in fünf Jahren die ersten großen Parks sehen“, glaubt Dr. Albert Ruprecht, stellvertretender Leiter des Instituts für Strömungsmechanik und Hydraulische Strömungsmaschinen der Universität Stuttgart. Bis dahin müsse noch Forschung betrieben werden. Schließlich muss noch an der Robustheit der Unterwasserturbinen gearbeitet werden, da es bislang keine Langzeittests gibt. Der Wirkungsgrad müsse erhöht und die Kosten reduziert werden.

Eine Idee mit einem besonderen Charme ist die Kombination von Offshore-Wind- und Meeresströmungsenergie. Schließlich benötigten beide Applikationen das Meer und einen Turm. „Diese Kombination ist aber nicht so einfach“, so Dr. Albert Ruprecht. Schließlich tritt eine hohe Meeresströmung nicht unbedingt an Standorten mit hohem Offshore-Potenzial auf. Erst wenn alle guten Offshore-Standorte besetzt seien, werden erste Kombinationslösungen realisiert.

ARMIN LESSNER

Bild 7: Die Seeschlange Pelamis erzeugt Energie über Knickbewegungen. Foto: Pelamis Wave Power



Bestellen Sie jetzt!



ADRESSBUCH DER SOLARENERGIE 2009

International Directory of Solar Energy 2009



Das zweisprachige Nachschlagewerk für die Branche enthält Marktübersichten zu PV-Modulen, Wechselrichtern und thermischen Kollektoren, Förderprogramme von Bund und Ländern – sowie Adress-Einträge mit Leistungsverzeichnis von Firmen & öffentlichen Einrichtungen.

This bilingual reference for the solar industry contains details of business partners and contacts, ordered by categories and countries.



Bestellung: Hiermit bestelle ich das Adressbuch der Solarenergie 2009 zum Preis von 15 € zzgl. 3 € Versandkosten (Bestellungen außerhalb Deutschlands zzgl. 8 € Versandkosten und nur mit Vorkasse oder beigelegtem Scheck über 23 €).

Order: We order the bilingual (German-English) International Directory of Solar Energy 2009 for 15 € + 8 € for handling/banking. Orders outside Germany must be paid in advance by bank transfer or cheque enclosed for 23 €.

▲ **Name, Firma / Name, company**

▲ **Straße, Postfach / Street, P.O. Box**

▲ **PLZ, Ort / Address**

▲ **Datum, Unterschrift / Date, signature**

An/Send to: SunMedia Verlags GmbH, Hans-Böckler-Allee 7, D-30173 Hannover, Fax +49 (0) 511/8550-2500