



Meeresenergie

Gewaltiger Schub aus dem Meer

Mit dem Aufkommen der elektrischen Energie im 19. Jahrhundert wurden an vielen Flüssen Wasserkraftwerke errichtet. Weltweit produzieren diese derzeit 18 Prozent der elektrischen Energie.

Ein Land wie Norwegen deckt fast seinen kompletten Bedarf an Elektrizität durch Wasserkraft, in Brasilien sind es 80 Prozent. Nun richtet sich der Blick der Ingenieure auf eine bis dato ungenutzte Form der Wasserkraft: auf die gewaltigen Energiemengen, die in den Weltmeeren schlummern.

Favorisiert werden dabei unter den Pionieren der Meeresenergie fünf Anlagentypen, die sowohl die mechanische Energie (Gezeiten-, Wellen- und Strömungsturbinen) als auch die Wärmeenergie (Thermik) sowie jene aus den Unterschieden im Salzgehalt des Wassers (Osmose) nutzen. Die mechanische Verwertung der Meeresenergie funktioniert unmittelbar über die Wellen- oder Strömungsbewegung des Wassers bzw. mittels Luftströmungen, die

sich durch in Hohlräumen einströmendes Wasser bilden. Dagegen werden bei der thermischen Nutzung Temperaturunterschiede zwischen der Wasseroberfläche und tieferen Strömungsprofilen genutzt.

Eine Gezeitenenergieanlage nutzt den Tidenhub, also die Differenz zwischen dem Hoch- und dem Niedrigwasserstand, für den Antrieb ihrer Turbinen. An Meeresbuchten oder Flussmündungen werden Staumauern errichtet, die mit Turbinen versehen sind. Bei Flut strömt das Meerwasser ein, bei Ebbe läuft es wieder ab. 1966 ging eine derartige Anlage im französischen Saint-Malo in Betrieb. In der Bucht zur Mündung des Flusses Rance (Bretagne) sind die größten Gezeitenunterschiede Europas zu beobachten – bis zu zwölf Meter Differenz zwischen Ebbe

und Flut. Generell benötigen Gezeitenturbinen einen Tidenhub von mindestens fünf Metern. Weltweit ist dieser an mindestens 100 Standorten vorhanden. 1996 kam die von der Europäischen Union geförderte Studie „Exploitation of tidal marine currents“ zu dem Schluss, Gezeitenenergie könnte 50 TWh im Jahr an elektrischer Energie generieren.

Auf großen Wasseroberflächen erzeugen sowohl die Gezeiten als auch der Wind Wellen, die ein enormes Potenzial für die künftige Energiegewinnung darstellen könnten: Durch die Bewegung der Wellen, so wird geschätzt, werden Leistungen bis zu 30 Kilowatt pro Meter an den Küsten freigesetzt. Bei einer Anlage in Schottland, Limpet, basiert die Energiegewinnung auf einem oszillierenden Luft- bzw. Wasser-

säulensystem in einer Kammer: Steigt die Welle auf, drückt sie Luft aus der Kammer, die wiederum eine den Generator antreibende Turbine in Betrieb setzt.

Ebenso wie Wellen stellen Meeresströmungen ein faszinierendes und hintergründiges Naturspektakel dar. Ihre Ursache kann die Reibung des Windes an der Meeresoberfläche sein, eine Erwärmung der Wassermassen durch die Sonne, deren Abkühlung oder auch die Topographie des Meeresbodens. Zu den bekanntesten Meeresströmungen zählt der Golfstrom, der warme, schnell fließende Wassermassen durch den Atlantik transportiert. Ausgelöst werden diese durch die Verteilung der Sonneneinstrahlung auf unserem Globus. Pro Sekunde befördert der Golfstrom bis zu $1,5 \times 10^8$ Kubikmeter (= 150 Sverdrup)¹ Wasser, ein enormes Reservoir für erneuerbare Energiequellen. Die Funktionsweise von Meeresströmungsturbinen gleicht im Prinzip jener von Windenergieanlagen: Mit Hilfe eines Rotors wird die kinetische Energie einer Wasserströmung zum Antrieb eines elektrischen Generators genutzt.

Meereswärmeenergieanlagen nutzen jene Temperaturdifferenzen, die vor allem in Äquatornähe zwischen der warmen Wasseroberfläche und tiefer gelegenen, kälteren Strömungen auftreten. Derartige Anlagen – wie etwa vor Hawaii – bestehen aus geschlossenen Kreislaufsystemen, in denen ein bei niedrigen Temperaturen siedendes Arbeitsmedium zum Einsatz kommt. Verwendet wird dabei zumeist ein Stoff mit Ammoniak, dessen Umweltverträglichkeit bedenklich ist. Die bisherige Ausbeute dieser Anlagen ist eher gering. In den Kinderschuhen steckt ebenfalls die Technik der Osmoseenergieanlagen – eine



Das Wellenkraftwerk in Mutriku (Spanien) wird voraussichtlich 2009 fertiggestellt.

Minipilotanlage wird derzeit im Hafen der norwegischen Stadt Trondheim getestet. Dabei handelt es sich faktisch um eine umgekehrte Entsalzungsanlage: Während bei einer Entsalzungsanlage zur Trennung von Süß- und Salzwasser Energieaufwand erforderlich ist, wird in einer Osmoseanlage das Süß- mit dem Salzwasser so durchmischt, dass dabei Energie gewonnen wird.

Wasser sei die Kohle von Morgen und präsentiere die Energie der Zukunft – diese verlockende Vision formulierte 1874 ein visionärer Ingenieur, als er in Jules Vernes Roman „Die geheimnisvolle Insel“ auf das weite Meer schaute. Mehr als hundert Jahre später ist diese Vision noch weit von der Realität entfernt, aber die Vor- und Nachteile diverser konzeptioneller Ansätze zur Meeresenergienutzung werden intensiv diskutiert. Vielleicht ist die Meeresenergie die Windenergie von morgen. Das Potenzial, das auf und in den Weltmeeren schlummert, ist jedenfalls enorm: Allein durch die Wellenkraft könnten 15 Prozent des weltweiten Strombedarfs gedeckt werden, hat der Weltenergieericht (WEC) in London errechnet. ■

¹ aus Tim Flannerys „Wir Wettermacher“, S. 219

GEZEITENKRAFTWERK HUSUM

100 Jahre seiner Zeit voraus

Emil F.G. Pein hieß der heute fast vergessene Trendsetter, der als erster von der technischen Nutzung der Gezeiten für eine kontinuierliche Stromerzeugung überzeugt war. Im Porrenkoog, einem ausgedienten Austernbecken vor den Toren Husums, begann er 1912 mit dem Bau eines „Probe- und Beweisflutkraftwerks“, mit dem er für ein noch größeres Projekt werben wollte: eine Großanlage an der Dockkoogspitze vor Husum mit einem Hoch- und einem Niederbecken. Während seine Versuchsanlage fünf Kilowatt Stromleistung produzieren sollte, waren bei der mit sechs Turbinen bestückten Großanlage 1.000 Kilowatt geplant. „Die Turbinen sind in dem Mitteldeich eingebaut, der zwei Becken voneinander trennt; Hoch- und Niederbecken besitzen je ein Wehr. Die Eigentümlichkeit dieses Flutwerks besteht darin, dass das Wasser stets in gleicher Richtung aus dem Hochbecken in die Turbinenkammern tritt und von hier durch die Turbinen in das Niederbecken fließt. Beim höchsten Wasserstand wird das Wehr des aufgefüllten Hochbeckens geschlossen, und das Wasser strömt in das leere Niederbecken, das am Ende dieser Arbeitsperiode seinen höchstens Wasserstand (gleich dem des ebbenden Meeres) erreicht“, erklärte Pein. Bei Ebbe würde das Niederbecken wieder vom Meere abgeschlossen und aus dem im Hochbecken vorhandenen Stauwasser gespeist. Seine Idee, mit dem aus dem Hochbecken durch die Turbinen strömenden Wasser elektrischen Strom zu erzeugen, sorgte für Furore. Strittig war unter Experten wie Lokalpolitikern gleichermaßen deren technische Machbarkeit – bei einem Tidenhub von nur drei Metern im Watt. Am 24. September 1912 wurde die Versuchsturbinen erstmals erfolgreich angeworfen. Doch als er im Januar 1913 der örtlichen Prominenz die Funktionstüchtigkeit seiner Anlage demonstrieren wollte, versagte diese. Nichts drehte sich, wohl auch deshalb, weil kurz zuvor eine Sturmflut über die Küste gezogen war. Als 1914 der Erste Weltkrieg ausbrach, gerieten die Ideen Emil Peins in Vergessenheit. Bis das erste Gezeitenenergiewerk der Welt offiziell 1966 im französischen Saint-Malo in Betrieb genommen wurde. ■



Das mit 250 MW weltgrößte Gezeitenkraftwerk in Sihwa (Südkorea) soll 2009 elektrischen Strom erzeugen.