

Ist das Meer eine unerschöpfliche Energiequelle ?

von Eberhard Wagner

e-mail Eberhard.Wagner@energie-fakten.de

Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Die Wellenbewegung von Wasser in Ozeanen, Seen und Flussläufen, die Gezeitenströmungen, Sturmfluten, Flutwellen, wie am 26. Dezember 2004 durch ein Erdbeben im Indischen Ozean mit verheerenden Folgen (Tsunami) verursacht, oder Flutwellen infolge Vulkanausbrüchen verdeutlichen die großen Energien bewegten Wassers. Es liegt deshalb nahe, Techniken zu entwickeln, um derartige Energiemengen dem Menschen nutzbar zu machen. Solche Versuche reichen lange zurück und haben in jüngerer Zeit an Bedeutung gewonnen, wie es die Ausnutzung der Gezeiten zur Stromerzeugung aufzeigt.

Die Gezeiten können in abgesperrten Buchten vor allem längs von Flussmündungen bei ausreichend großem Unterschied der Wasserspiegel zwischen Ebbe und Flut (Tidenhub) genutzt werden. Die Energie des im Wechsel ein- und ausströmenden Wassers wird ähnlich wie bei einem Wasserkraftwerk in Maschinengruppen aus Wasserturbine und Generator in Strom umgesetzt. Ebenso

können Meeresströmungen direkt an aufgeständerte Turbinen mit angeschlossenem Generator ihre Bewegungsenergie abgeben. Diese Energiegewinnung ist vergleichbar mit der von Windkraftanlagen.

Eine weitere Art der Nutzung ist das "Einfangen" der Wellenbewegung. Eine konventionelle Wasserkraftnutzung wäre über die Ausleitung von Meerwasser in tiefer gelegene Landgebiete (Depressionen) möglich.

Denkbar ist auch eine Nutzung von Unterschieden in der Temperatur des Oberflächen- und des Tiefenwassers in tropischen Gewässern. Diese Nutzung der Meereswärme entspricht der in Wärmekraftwerken.

Der Meeresboden bzw. das Meer bieten Primärenergien in Form von Methan-Hydrat und Uran, die gewonnen werden können.

In Großbritannien wurden in den Jahren 1974 bis 1983 umfassende Untersuchungen über die Nutzungsmöglichkeiten der Wellenenergie durchgeführt. Bei

Abschluss des Programms musste man feststellen, dass die Erwartungen nicht zu erfüllen sind. Es zeigte sich auch, dass man sehr große Anlagen mit doch unzureichendem Energiegewinn hätte realisieren müssen, da kleinere starken Stürmen nicht gewachsen wären und dann der Gefahr einer sofortigen Zerstörung unterliegen würden. Für Großbritannien, als Land mit sicherlich von vornherein günstigsten Bedingungen, ein ernüchterndes Resultat.

Überträgt man diese Erfahrungen auf die deutsche Nord- und Ostseeküste, so ist eine sinnvolle Energiegewinnung auszuschließen. Weder die Form der Küsten, noch ausreichend große Tiden (Gezeiten) und Meeresströmungen sowie dauerhaft große Wellen oder gar eine thermische Nutzung (mangels ausreichender Temperaturunterschiede und Wassertiefen) zeigen Anwendungsmöglichkeiten bekannter Techniken.

Näheres ist der Langfassung zu entnehmen.

Ist das Meer eine unerschöpfliche Energiequelle ?

von [Eberhard Wagner](#)

e-mail Eberhard.Wagner@energie-fakten.de

Hier die Fakten - Langfassung

In bewegten und strömenden Wassermassen stecken eine erhebliche Kraft und Energie. Diese offenbart sich meist in nachteiligen, zerstörerischen Auswirkungen. Sturmfluten und Flutwellen können zum viel tausendfachen Tod und riesigen materiellen Schäden sowie Landverlusten führen, wie es Ende 2004 im indischen Ozean der Fall gewesen ist. Der Mensch kann aber andererseits Naturangebote zur Befriedigung seines Energiehungers nutzen. So liegt es nahe, nach Möglichkeiten zu suchen, die gewaltigen Energiemengen des Meeres zu nutzen.

Das Meer bietet sehr unterschiedliche Möglichkeiten der Energieausbeutung an. Grundsätzlich kann man mechanische und thermische Techniken unterscheiden.

Mechanische Nutzungen ergeben sich unmittelbar aus der Wellenbewegung des Wassers und aus strömendem Wasser oder über den Umweg aus Luftströmungen, die z. B. durch einströmendes Wasser in Hohlkörpern entstehen.

Gezeiten

Die Gezeiten bieten sich augenfällig zur Ausnutzung strömenden Wassers an. Diese Meeresströmung beruht auf der Bewegung von Erde, Sonne und Mond und der Massenanziehung zwischen ihnen. Sie wird erheblich beeinflusst durch die Tiefe und Ausdehnung der Ozeane und die Form der Küsten.

1966 wurde in Frankreich an der Mündung der Rance (Normandie) ein Kraftwerk in Betrieb genommen, das den dort erheblichen Tidenhub mit einer Gesamthöhe von etwa 14,6 m (Zum Vergleich: Deutsche Nordseeküste 3 m, Mittelmeer 0,1 m) mit 24 Wasser-Turbinen und angekoppelten Generatoren von je 10 Megawatt (1 MW = 1.000 kW) Leistung nutzt. Die Anlage mit einer gesamten Leistung von 240 MW liefert jährlich etwa 500 Millionen Kilowattstunden. Das entspricht einer Ausnutzung von etwa 2.000 Stunden pro Jahr. In dem trichterförmigen Flussauslauf der Rance zum Meer wurde ein Absperrbauwerk errichtet in dem sich die Turbinen befinden.

Bei Flut strömt das Wasser durch die Turbinen in das landseitige Becken. Bei Ebbe leert sich das Becken in Richtung Meer, und das Wasser durchströmt wiederum die Turbinen. Dieser Effekt kann nur genutzt werden, wenn eine ausreichende Höhendifferenz zwischen dem jeweiligen Ein- und Auslauf des Wassers besteht. Die gewinnbare Leistung (MW) ist unmittelbar von dieser Höhendifferenz abhängig. Da die Tidenbewegung eine Zykluszeit von 12 Stunden und 35 Minuten hat, tritt die jeweils verfügbare Kraftwerksleistung täglich zu unterschiedlichen Uhrzeiten auf.

Eine ähnliche Anlage mit einer Turbine (Leistung 20 MW) wurde 1985 in Kanada (Annapolis Royal) errichtet. Weltweit gibt es etwa 100 geeignete Standorte. Bis heute sind aber keine bedeutenden Anlagen hinzugekommen. Die Ursachen sind - neben hohen Baukosten und ungleichmäßiger Leistungsverfügbarkeit - die Problematik der Absperrung von Flüssen oder Meeresarmen. Letzteres führt zu einer Beeinträchtigung der

LANGFASSUNG

Schifffahrt und zu einer für Flora und Fauna nachteiligen Veränderung des Wassers und der Uferzonen (Veränderung der Salzwasser-, Süßwasser-, Brackwasser-Bereiche).

Meeresströmung

Zur Demonstration der Möglichkeit der direkten Nutzung der Meeresströmung wurde 2003 in Großbritannien (mit deutscher Beteiligung) eine Wasserturbine – ähnlich einer Windkraftanlage – auf einem im Meeresgrund verankerten Turm installiert. Der obere Teil des Turms ragt aus dem Wasser, die Turbine mit dem angekoppelten Generator kann dadurch zu Wartungszwecken aus dem Wasser gehoben werden. Die Anlage mit einer Leistung von 300 kW hat ihre Betriebsfähigkeit (sogenannter Inselbetrieb, keine Stromweiterleitung an das Festland) unter Beweis gestellt. Sie nutzt die dortige Gezeitenströmung in beiden Strömungsrichtungen. Das Projekt ist Grundlage zukünftiger kommerzieller Anwendungen. Ähnliche Konzepte wurden in Italien (Straße von Messina) und in Norwegen (Nähe Hammerfest) untersucht.

Wellenenergie

Das mechanische Leistungspotential einer Welle ist abhängig von der Wellenhöhe (Meter) und der Wellenperiode (Sekunden). Bei etwa 8 m Wellenhöhe und einer Periode von etwa 12 Sekunden können etwa 300 kW pro m Wellenfront auftreten.

Für die Umwandlung von Wellenenergie in nutzbare mechanische Energie bieten sich hydraulische und pneumatische

Systeme an. Die Ausnutzung der Wellenbewegung kann mechanisch durch verankerte schwimmende und sich durch die Welle hebende und senkende Körper erfolgen. Diese Bewegung muss letztlich in eine Rotationsbewegung umgesetzt werden, die einen Strom-Generator antreibt. Solche Anlagen (bekannt z. B. als „Edinburgh Duck“) würden für eine Leistung von etwa 2 MW eine Länge von 100 m haben (Gewicht etwa 20.000 Tonnen). Die Wellen führen Rotationsbewegungen aus, die sich nur in ausreichend tiefem Wasser ausbilden können. Deshalb verlangt der Duck Wassertiefen von 80 bis 100 m.

Noch größere Abmessungen (Längen bis etwa 250 m, Gewicht bis 60.000 Tonnen, erforderliche Wassertiefen etwa 35 bis 80 m) haben pneumatisch wirkende Bauwerke. An- oder einströmende Wellen in Hohlräume verursachen wechselnden Luftdruck, der über Luftturbinen Strom-Generatoren antreibt. Diese Konverter erreichen Leistungen von etwa 4 bis 8 MW.

In Großbritannien wurden in den Jahren 1974 bis 1983 umfassende Untersuchungen über die Nutzungsmöglichkeiten der Wellenenergie durchgeführt. Bei Programmbeginn sah man in der Energie der Wellen eine bedeutende zusätzliche Energiequelle. Mit erheblichem Aufwand wurden grundsätzliche Untersuchungen über die Hydrodynamik von Wellen und Messprogramme an den Küsten durchgeführt. Mehr als 300 Ideen wurden geprüft, 12 Vorschläge näher untersucht. Projektarbeiten für Kraftwerke mit ausreichenden

Leistungsgrößen wurden vorgenommen. Bei Abschluss des Programms musste man feststellen, dass die Erwartungen nicht zu erfüllen sind. Es zeigte sich auch, dass man sehr große Anlagen mit dennoch unzureichendem Energiegewinn hätte realisieren müssen, da kleinere starken Stürmen nicht gewachsen wären und der Gefahr einer sofortigen Zerstörung unterliegen würden. Für Großbritannien als Land mit günstigen Bedingungen war das ein ernüchterndes Resultat.

Wie die Studie ermittelt hat, ist die Nutzung der Wellenenergie unter Umweltgesichtspunkten nicht unbedingt von Vorteil. Durch den großen Flächenbedarf werden Auswirkungen auf die betroffenen Meeresgebiete erwartet. Diese können sein: Veränderung des Wellenganges sowie Einfluss auf die Gezeiten, die Meeresfauna und -flora, die Fischzüge und die Schifffahrt.

Brandung

Von der Wellenbewegung des Wassers, die ausreichende Wassertiefen voraussetzt, ist die Brandung an den Küsten, eine natürliche Folge der Wellen, zu unterscheiden. Auch dafür hat man eine Nutzungstechnik gefunden. Realisiert hat man dies in Norwegen. An einer geeigneten Küstenform wurde ein großes Wasserbecken mit einem keilförmigen, zum Meer hin offenen Kanal errichtet, der sich zur Landseite hin stetig verengt. Die anlaufenden Wellen/Wassermassen (Brandung) schwappen in Folge der Verengung natürlicherweise über den „Keilrand“ in das Becken. Dort wird das Wasser gesammelt und einer

LANGFASSUNG

konventionellen Wasserkraftnutzung zugeführt. Das abfließende Wasser wird wieder dem Meer zugeleitet. Es ist dabei notwendig, dass ein ausreichend großes Wassergefälle zwischen dem Wasserspiegel im Becken und dem Ort des Wassers beim Rücklauf in das Meer zur Verfügung steht. Deshalb sind derartige Nutzungen erheblich von der Gestalt der Küsten abhängig. Wie diese Technik zeigte, scheinen unter dem Gesichtspunkt der Möglichkeit der Zerstörung, feststehende Bauwerke zur Nutzung der Wellenenergie geeigneter zu sein als bewegliche Strukturen (Duck).

Ausleitung von Meerwasser

Das Tote Meer (Israel, Jordanien) und die Katara-Senke (Libyen) liegen tiefer als der Meeresspiegel des Mittelmeers. Man könnte Meerwasser über Kanäle oder Rohrleitungen dorthin ableiten und mit konventioneller Wasserkrafttechnik Strom erzeugen. Die Zuflüßmengen müßten etwa so groß wie die Wasser-Verdunstungsmengen sein, um gewünschte Wasserspiegelhöhen in den Depressionen zu erreichen. Diese Projekte wurden bereits sehr konkret untersucht.

Thermische Nutzung

Zwischen der Oberfläche und der Tiefe der Meere in den tropischen Regionen bestehen Temperaturunterschiede von etwa 20 Grad Celsius. Diese Differenz kann zur Verdampfung geeigneter Flüssigkeiten dienen. Der Dampf kann mit Turbinen – wie in einem Wärmekraftwerk – zum Antrieb von Strom-Generatoren

genutzt werden. Die Anlagen müßten wesentlich aus einem sehr langen Rohr (1000 m und mehr) bestehen in dem die Verdampfung und Rückkühlung (Kondensation) der Arbeitsflüssigkeit erfolgt. Der Wirkungsgrad ist wegen der geringen Temperaturdifferenzen sehr niedrig (Carnot-Wirkungsgrad, siehe auch „[Warum ist der elektrische Wirkungsgrad von Kernkraftwerken in der Regel niedriger als der von Kohlekraftwerken ?](#)“).

Primärenergien

Der Meeresboden bzw. das Meer enthält Primärenergien in Form von Methan-Hydrat bzw. Uran. Methan-Hydrat bildet sich am Meeresboden in Tiefen ab 500 m. Ein Liter Hydrat enthält etwa 165 Liter Methan (Erdgas) bei normalem Luftdruck. Die Gewinnung ist mit Risiken verbunden. Bei unkontrolliertem Austreten wirkt Methan als Treibhausgas. Der Abbau der Hydrat-Lagerstätten könnte zu Verwerfungen im Meeresboden mit der Folge von Erdbeben führen.

Meerwasser enthält etwa 0,003 Gramm Uran pro Kubikmeter. Das erscheint als sehr wenig. Durch noch zu findende Konzentrationsmechanismen wäre eine wirtschaftliche Gewinnung denkbar.

Resümee

Die Untersuchungen in Großbritannien und die in der Zwischenzeit gemachten Erfahrungen – auch was die Nutzung der Gezeiten betrifft – haben die Realisierungsgrenzen einer Nutzung der riesigen Energiepotentiale der Meere gezeigt. Eine

kostengünstige und insgesamt umweltverträgliche Elektrizitätsgewinnung im Vergleich mit bestehenden Kraftwerkstechniken ist wahrscheinlich nicht zu erwarten. Die weitgehend nicht gegebenen Nutzungsvoraussetzungen an der deutschen Nord- und Ostseeküste lassen einen Beitrag zur deutschen Stromversorgung als aussichtslos erscheinen.

In naher Zukunft ist eine Stromgewinnung aus Meereswasser-Ausleitungen und die Nutzung des Meerwassers als Primärenergiequelle nicht zu erwarten. ■