

Energie aus Wellen - ein Titan der erneuerbaren Energien erwacht

Das Meer ist seit jeher als Urgewalt geachtet und gefürchtet von den Menschen. Es trennt die Kontinente - und verbindet sie zugleich. Erst schien es unüberwindlich, heute verlaufen die wichtigsten Handelsrouten über das Meer.

Passend zu dem Respekt, welche die Menschen den ungebändigten Wassermassen und ihrer Gewalt zollen, spiegelt sich das Meer in der Mythologie durch eine Vielzahl von Gottheiten, die es repräsentieren. Die Reihe reicht vom römischen Neptun über den griechischen Poseidon bis hin zu Okeanos. Die Kraft, welche dem Meer innewohnt, die Macht der Wellen, Gezeiten und Meeresströmungen, wurde also schon vor Urzeiten als eine der stärksten auf der Welt eingeschätzt.

Und in der Tat: Meeresenergie ist stärker als die Windkraft, da Wasser durch seine höhere Masse konzentriertere kinetische Energie beinhaltet als Luft. Daher kann die Meeresenergie auch effizienter genutzt werden als Windenergie - zugleich ist sie gefährlicher und zerstörerischer - eben mächtiger. Vorteile der Wellenenergie sind jedoch die größere Stetigkeit und Vorausssehbarkeit des Wellenanfalls. Mehr als 75 Prozent der Erdoberfläche werden durch Wasserflächen bedeckt, der größte Teil davon sind die Meere. Doch bislang nutzt die Menschheit vor allem die Wasserkraft aus Stauseen und Fließgewässern, die bereits heute einen Anteil von knapp 18 Prozent des weltweiten Strombedarfes deckt. Dabei stößt der weitere Ausbau der Wasserkraft an Grenzen, auch aus Umweltsicht. Ganze Kulturlandschaften sind derzeit dem Versinken in den Wassermassen neuer Stauseen geweiht, sei es in China oder in türkisch Kurdistan. Doch während bei der traditionellen Wasserkraftnutzung die letzten Ressourcen - teils mit Gewalt und unter Protest - erschlossen werden, liegen gigantische - oder sollen wir sagen titanische - Energiereserven in den Weltmeeren völlig brach - und warten auf ihre Nutzung.

Das Energiepotential der Ressource Meeresenergie ist dabei ähnlich unerschöpflich und groß wie das der Wind- und Sonnenenergie. Genau wie bei diesen flächenhaft anfallenden erneuerbaren Energiequellen stellt das theoretische Potential aus den Meeren ein Vielfaches des Weltenergiebedarfes dar. So errechnete der Berliner Wellenenergiespezialist Brandl, dass bereits eine Meeresfläche in der Größe Spaniens den gesamten Weltenergiebedarf decken kann - sehr ähnlich den Vergleichen mit der Solarzellenfläche in der Sahara. Je nach Nutzungsart, technischen und wirtschaftlichen Vorgaben entstehen so sehr unterschiedliche Potentialberechnungen. Doch bereits ein Wellenenergiepark mit zwei Quadratkilometern Größe kann laut Brandl die Leistung eines Atomkraftwerkes ersetzen. Einzelne Länder wie z.B. Irland mit seiner günstigen Lage im Atlantik und ständigen Westwinden können gemäß Analysen des portugiesischen Wave Energy Centre bis zu 100 Prozent ihres Strombedarfes alleine aus Wellenkraft erzeugen. Für Europa weist das Centre in einem aktuellen EU-Projekt zusammen mit 41 weiteren europäischen Partnern ein Wellenenergiepotential von 290 Gigawatt im nordöstlichen Atlantik nach und ca. 30 weitere GW für den Mittelmeerraum. Der wissenschaftliche Dienst des Deutschen Bundestages recherchiert ein Wellen-Potential von ca. 15 Prozent des weltweiten Strombedarfes.

Mond und Sonne sind dabei die erneuerbaren Energiestifter. Der Mond bewirkt durch Gravitation im Zusammenspiel mit der Erddrehung die Gezeiten, während die Sonne einerseits Verdunstung und Regen bewirkt, vor allem aber die Temperaturunterschiede, welche wiederum den Wind über dem Meer erzeugen. Und der Wind erzeugt die Wellen, indem Wassermoleküle angehoben werden und wieder herabfallen und sich unregelmäßig zu Wellenformen.

Die Meeresenergienutzung kann man dementsprechend in folgende Arten unterscheiden:

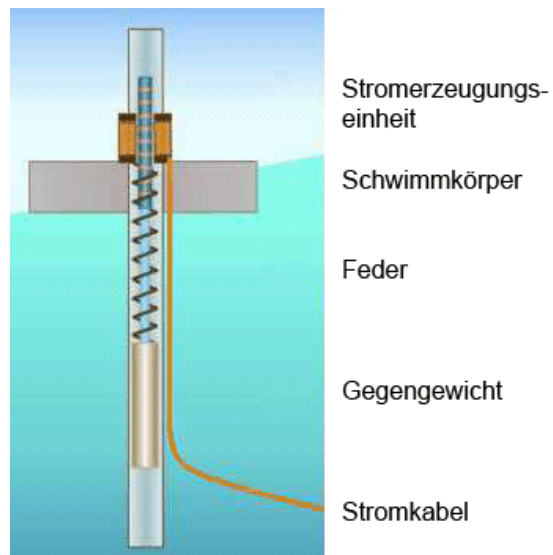
- Gezeitenkraftwerke
- Wellenkraftwerke
- Strömungskraftwerke
- Meereswärmekraftwerke
- Osmose-Kraftwerke

Jede dieser Energiearten hat Vor- und Nachteile. Gezeitenenergie fällt z.B. nur in bestimmten Regionen an, insbesondere ist aber die Nutzung nur unmittelbar an der Küste möglich. Ähnlich ist es mit der Strömungsenergie, bei welcher Windkraftträdern ähnliche Gebilde starken Meeresströmungen Kraft entziehen.

Die derzeit bei weitem aussichtsreichste Meeresenergie ist die Wellenenergie. Diese wird wiederum unterschieden in translatorische Wellen, welche einen Massentransport von Wassermolekülen bewirken, und oszillatorische Wellen. Während erstere z.B. durch Gezeiten oder Tsunamis ausgelöst werden, entstehen die oszillatorischen Wellen alleine durch den Wind.



Der Brandl Generator erzeugt aus Wellen elektrische Energie
Foto: www.brandlmotor.de



Schematische Darstellung des Brandl Generators
Grafik: www.brandlmotor.de

Prof. Pentschew, Wellenforscher von der Universität Rostock, erläutert diese Wellenart so: ähnlich wie ein Teppich, welchen man ausschüttelt, wandert die Welle über die Meeresoberfläche ohne Massentransport - der Teppich bleibt am Ort, die Welle wandert. Interessanterweise bewegen sich die Wellen nahezu ohne Energieverlust, so dass sie auch noch Küsten erreichen, die Tausende Kilometer entfernt sind. Gemessen wird die Wellenkraft in Kilowatt Leistung pro Meter (kW/m) senkrecht zur Wellenrichtung.

Die größten Wellenkraftpotentiale haben dementsprechend die starken und kontinuierlichen Winden ausgesetzten Küstenabschnitte - und natürlich das offene Meer. Entlang der europäischen Atlantikküste werden hohe und sehr effizient nutzbare Wellenenergiestärken gemessen, von $48\text{-}65 \text{ kW/m}$ in Portugal bis hin zu 70 kW/m in Irland. Im offenen Atlantik vor den Küsten Europas beträgt die Wellenkraft sogar 92 kW/m . Das ist weitaus höher als an vielen nord- und südamerikanischen, australischen oder afrikanischen Küsten, welche nur ca. halb so hohe Wellenkraftniveaus aufweisen. Damit verfügt Europa weltweit über die höchsten Potentiale und besten Voraussetzungen zur Nutzung der Wellenenergie. Je intensiver man sich mit der Thematik beschäftigt, desto mehr fragt man sich jedoch: warum wird diese gigantische Energiequelle bislang so wenig genutzt? Eine Erklärung ist vielleicht, dass ausgerechnet in Deutschland, welches die erneuerbaren Energien so stark vorangebracht hat, das Potential der Wellenenergienutzung nicht so hoch ist wie in den dem Atlantik zugewandten Nachbarstaaten - und diese deshalb hier in der Vergangenheit vernachlässigt wurde. Auch ein Blick in die bisherige Geschichte der Meeresenergie gibt ein wenig Auf-

schluß. Bei der Nutzung der Meeresenergie wird ähnlich wie bei der Windkraft unterschieden in:

- Onshore (an der Küste verankert)
- Near Shore (nahe der Küste)
- Offshore (offenes Meer)

Bisherige Anwendungen fanden sich vor allem Onshore, das heißt unmittelbar an der Küste. Hier gibt es jedoch viele Einschränkungen. Geeignet sind nur Küstenabschnitte:

- mit sehr starkem Tidenhub (Gezeitenenergie)
- oder mit ungebrochenem Wellenanfall
- mit Nutzungsmöglichkeit ohne Konflikt mit dem Naturschutz
- ohne Einschränkungen durch andere Nutzungen wie Strand, Tourismus, Fischerei, Häfen, etc.

Gerade im dicht besiedelten Europa mit wunderschönen Naturlandschaften entlang der Küsten Portugals, Spaniens, Frankreichs und Großbritanniens sowie Irlands kann man sich jedoch nicht vorstellen, kilometerlange Betonbauwerke zur Nutzung von Tidenhub oder zur Onshore-Nutzung der Wellenenergie zu errichten. Hierauf konzentrierten sich jedoch bisherige Anwendungen. Zudem ist ein seichter Übergang zwischen Land und Meer gänzlich ungeeignet zur Wellenenergienutzung, weil die Wellen beim Auflaufen auf flachere Gewässer stark abgebremst werden und an Energie verlieren. Erst ab 40 Meter Wassertiefe ist eine Wellenenergienutzung sinnvoll möglich. Dann wird der Wellengang nicht durch Reibungskräfte am Meeresboden behindert. Allerdings reicht bereits eine Wellenhöhe von ca. einem Meter zur Nutzung der Wellenenergie aus.

Zugleich steht die Meeresenergienutzung vor den gleichen „Chancen und Risiken“ wie die Offshore-Windenergie: sie bewegt sich in einem sehr zerstörerischen Terrain. Die Anlagen - geschaffen zur Nutzung der Energie der Wellen - müssen diesen dementsprechend auch standhalten- und sind zugleich extremen mechanischen und chemischen Materialanforderungen ausgesetzt. Während Offshore-Windräder am Meeresboden verankert sind, wurde eine Reihe von Wellenenergienutzungstechniken entwickelt, welche schwimmen und sich mit den Wellen auf und ab bewegen. Einige Anwendungen können sogar unter Sturmwellen hindurchtauchen oder sind unter dem Meeresspiegel installiert und nutzen nur die durch die Wellen hervorgerufenen Druckunterschiede zur Energieerzeugung.

Die Umsetzung der Wellenkraft in nutzbare Energie wird durch eine Vielzahl verschiedener Mechanismen bewirkt. Eine aktuelle Studie hierzu hat die Universität Rostock gerade vorgelegt. An der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik hat Prof. Dr. Pentscho Pentschew, gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Technologie, eine Untersuchung zu „Grundlagen und Verfahren zur umweltgerechten und effektiven Umwandlung von Meereswellen in elektrische Energie“ veröffentlicht (siehe Zeichnungen).

Die Umwandlung der Meeresenergie in elektrische Energie erfolgt durch zwei grundsätzlich verschiedene Methoden:

- **Turbinen:** Eine ‚klassische Variante‘ der Stromerzeugung ist, dass durch die Bewegung der Wellen entweder Luftdruck, Meeresswasserdruck oder Druck in hydraulischen Zylindern erzeugt wird und dieses druckreiche / energiereiche Medium dann zum Antrieb einer Turbine genutzt wird, welche Strom erzeugt, ähnlich einem Windrad oder der klassischen Wasserkraftnutzung.
- **Linearmotor:** Die etwas neuere Methode besteht darin, dass die Bewegung der Wellen unmittelbar in elektrische Energie umgewandelt wird, indem z.B. das Auf und Ab der Wellen genutzt wird, um einen beweglichen Schwimmer gegenüber einem trägeren mit Eigengewicht ausgestatteten Körper zu bewegen. Bewegt man auf diese Weise einen stabförmigen Dauermagneten in einer Spule auf und ab, entsteht unmittelbar Strom. Dieses System versucht man zusätzlich in eine Resonanzschwingung zum Wellengang zu bringen, was die Energieausbeute verstärkt.

Frank Neumann vom portugiesischen ‚Wave-Energy-Centre‘ hat in einem aktuellen EU-Projekt die wichtigsten Erfindungen und Entwicklungen weltweit studiert und erläutert den Stand der Technik. Er gibt auch einen Hinweis, warum die Wellenenergienutzung nach einem ersten Entwicklungsschub in den 70er Jahren wieder einschief: auch die Wellenkraft hatte ihren ‚Growian‘ - wir erinnern uns an die 1 MW Windmühle, die sich nur wenige Male drehte, um unmittelbar kaputt zu gehen - und die gesamte großtechnische Windenergienutzung in Verruf zu bringen. Schon Ende der 70er, Anfang der 80er Jahre baute die britische Firma ‚ART - Applied Research & Technology‘ ein 1 MW-Gerät, welches jedoch kurz vor der Inbetriebnahme von den Wellen zerstört wurde. Heute heißt die schottische Firma ‚Wavegen‘ und gehört zu Voith-Siemens. Ein aktuelles Vorhaben ist, in die britische Steilküste Tunnel zu graben, die ankommende Wellen in Hohlräume leiten, in denen der Wasserpegel dadurch auf und ab steigt und Luft durch eine Turbine drückt. Diese OWC (Oszillierende Wassersäule) genannte Technik gehört mit zu den erprobtesten. Bislang wurden jedoch häßliche Betonbauten an der Küste gebaut, um die Wellen einzufangen, das Tunnelprojekt hätte also erhebliche Umweltvorteile.

Allerdings ist die außerordentliche Eignung einer Steilküste Voraussetzung für diese spezifische Nutzungsvariante. So sehen die Portugiesen ihr Wellenenergie-Potential eher vor der Küste im ‚Near Shore‘ genannten Bereich und beziffern dieses auf ca. 21 Gigawatt. Zum Vergleich: das entspräche 21.000 großen 1 MW-Windrädern. Die portugiesische Regierung hat auch als eine der ersten Europas das Potential der ungenutzten Wellen erkannt und hat die Wellenenergie mit einem Vergütungssatz von 23 bis 24 Eurocent pro eingespeister Kilowattstunde in das portugiesische EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) aufgenommen. Das eigens im Jahr 2003 gegründete Wave Energy Centre bündelt die Aktivitäten in Portugal und hat für die Regierung eine Strategie entwickelt: in einer Wassertiefe von 50-80 Metern würden schwimmende Anlagen zur Wellenenergienutzung die anderen Meeresnutzungen und die Umwelt nicht beeinträchtigen. Jeweils 5 km lange Streifen mit 1 km Abstand zueinander könnten zur Wellenenergienutzung freigegeben werden. Auf insgesamt 250 km Küstenlinie könnten auf diese Weise jährlich 50 Terrawattstunden (TWh) Strom erzeugt werden.

<Astrid Schneider>

Vorsitzende Regionalgruppe Berlin-Brandenburg/EUROSOLAR e. V.