

## 4.4 Regenerative Energien aus dem Meer

KLAUS HEINRICH VANSELOW

*Renewable energies from the sea: The increasing energy demand, the discussion about climate change and the limited fossil energy reserves show, that a change in the world energy policy is necessary. In this context offshore renewable energies will be of increasing interest in the future. Renewable energies from the sea are mainly using the resources sun (e.g. by photovoltaic or biomass), wind (by offshore wind turbines), currents (e.g. by turbines or wings), tides (by tidal power plants), waves (e.g. by turbines or pressure conversion), salt gradients (by osmotic power plants) and temperature gradients (by ocean thermal energy conversion). Utilization and potential of these resources are discussed.*

Die Nutzung regenerativer Energien aus und über dem Meer ergeben sich hauptsächlich aus der von der Erde absorbierten Sonnenenergie, der Erdrotation und den Schwerkraftschwankungen durch die Wechselwirkungen von Erde, Mond und Sonne. Auf und aus dem Meer können deshalb hauptsächlich die Sonnenenergie (z.B. mittels Photovoltaik und Biomasseproduktion), die Windenergie (über Offshore Windkraftanlagen), die Meeresströme (wie durch Unterwasserturbinen und -paddel), die Gezeitenströme (über Gezeitenkraftwerke), die Wellenenergie (z.B. über Druckwandler und Strömungsturbinen), die Salzgehaltsunterschiede zwischen Fluss- und Seewasser (mittels Osmosekraftwerken) und die vertikalen Temperaturgradienten im Meer über entsprechende Energie wandelnde Anlagen genutzt werden.

Regenerative Energien erhalten vor dem Hintergrund des weltweit wachsenden Energiebedarfs, den begrenzten fossilen Energievorräten, den Ölkrisen und der Diskussion um die Klimaerwärmung (vgl. auch Kap. 2 und Kap. 3) eine zunehmende Bedeutung. Im Vergleich zu konventionellen Energien ist ihre Nutzung nachhaltiger. Sie werden bzgl. ihrer sozialen Kosten (wie u.a. durch Umwelt-, Beschäftigungs- und Produktionseffekte, die Ausbeutung von Ressourcen und öffentliche Subventionen) günstiger bewertet (HOHMEYER 1989).

Bisher wurden regenerative Energien hauptsächlich an Land genutzt. Vermehrt wird deren Nutzung nun auch auf See realisiert. Theoretisch könnten regenerative Meeresenergien weitgehend den kompletten Weltenergiebedarf abdecken (BHUYAN 2008). Beispielsweise betrug 2005 die gesamte weltweit installierte elektrische Leistung 2,1 TW (1 Terawatt =  $10^{12}$  W; BHUYAN 2008), während die durchschnittlich weltweit benötigte Gesamtleistung bei ca. 15 TW liegt.

Bei der Energiennutzung aus dem Meer sind noch manche Probleme zu bewältigen wie z.B. der Bewuchs, die Korrosion durch das aggressive Salzwasser, die Energiespeicherung sowie der Energietransport an Land. Bei Installationen auf See ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass dort Wartungs- und Reparaturarbeiten erheblich kostenintensiver sind.

Um Größenordnungen für die Verfügbarkeit dieser Energiequellennutzung möglichst allgemein abschätzen zu können, werden bevorzugt elektrisch erzeugbare Leistungen (also Energie pro Zeit in  $W_{el}$ ) angegeben.

Die wichtigsten Nutzungsmöglichkeiten regenerativer Energien aus und auf dem Meer und ihr mögliches Potenzial für die Zukunft sind im Folgenden dargestellt und diskutiert.

### Offshore Windenergienutzung

Eine der ältesten Formen der regenerativen Energiegewinnung ist die Nutzung des Windes. Schon sehr früh nutzte der Mensch diese Energie zur Fortbewegung von Booten.

Die Wandlung dieser Energie in Strom ist seit Jahren erprobt und etabliert. Es gibt Widerstandsläufer (Windkraftwandler die nur den Windwiderstand nutzen) mit niedrigen Wirkungsgraden, bei denen der Winddruck in Drehbewegung gewandelt wird (z.B. Westernrad und Savonius-Rotor) und Auftriebsläufer mit meist hohen Wirkungsgraden, bei denen hauptsächlich der Auftrieb (wie bei Flugzeugtragflächen) genutzt wird (z.B. H-, Zweiblatt- und Dreiblatt-Rotor). Heutige Dreiblattanlagen kommen den theoretisch erreichbaren Leistungswerten sehr nahe. Aber nicht alle Strömungsenergie kann abgegriffen werden, da sonst hinter einer Windkraftanlage Windstille herrschen würde.

Die kommerzielle Nutzung der Windkraft begann in Deutschland um 1987 überwiegend mit Rotordurchmessern von unter 16 m (20–50 kW). Heute baut man größtenteils Anlagen mit bis zu 90 m Rotordurchmesser (2–3 MW, Abb. 4.4-1). Anlagengrößen (um 5 MW) mit einem Rotordurchmesser sowie einer Narbenhöhe von etwa 120 m werden bereits auf See installiert.

Um abschätzen zu können, an welchen Orten Windenergie besonders viel Ertrag bringt, sei hier exemplarisch kurz auf die Relation zwischen Windgeschwindigkeit  $v$  und Windleistung  $P$  eingegangen:

Hat ein gedachter Luftzylinder die Masse  $m$  und die Geschwindigkeit  $v$  in Richtung einer Windkraftanlage, so ist seine kinetische Energie  $E_{kin} = 0,5 \times m \times v^2$ . Dieser Zylinder hat die Stirnfläche  $A$ , entsprechend der

von dem Rotor einer Windkraftanlage überstrichenen Fläche, die Länge  $v \times t$  (Geschwindigkeit ist Strecke (hier Länge des Zylinders) pro Zeit  $t$ ), sowie die Luftdichte  $\rho$ . Setzt man statt der Masse des Luftzylinders  $m = \rho \times A \times (v \times t)$  diese nun als Masse pro Zeit ( $m/t$ ) in die folgende Gleichung ein, so erhält man statt der Energie die Leistung ( $P = E/t$ ). Somit ist

$$P = 0,5 \times m \times v^2/t = 0,5 \times (\rho \times A \times v \times t) \times v^2/t = 0,5 \times \rho \times A \times v^3$$

Nimmt man näherungsweise die Fläche  $A$  und die Dichte  $\rho$  als konstant an, ergibt sich der folgende sehr einfache Zusammenhang

$$P \sim v^3$$

Anders ausgedrückt: verdoppelt sich die Windgeschwindigkeit, so verachtfacht sich die nutzbare Windleistung. Dieser Zusammenhang macht deutlich, wie wichtig ein guter Windstandort für die Rentabilität von Windenergieanlagen ist. So ist z.B. die mittlere Windgeschwindigkeit an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins mit 7 m/s ungefähr doppelt so hoch wie in der Mitte dieses Landes mit nur 3,5 m/s (in 30 m Höhe). Dieser Unterschied entspricht einem Windleistungsunterschied von 343 zu 43 Watt. Geht man mit den Windkraftanlagen mehr in die Höhe bzw. aufs offene Meer mit gleichmäßigeren Winden, so erhöht sich deren Rentabilität weiter. Beispielsweise herrschen auf der Forschungsplattform FINO1 in der Nordsee 45 km nördlich Borkum in 100 m Höhe im Mittel Windgeschwindigkeiten von etwa 10 m/s, was einer Leistung von 1000 Watt entspricht.

Theoretisch ist mit der Windenergie land- wie wasserseitig weltweit eine Leistung von 95 bis 150 TW<sub>el</sub> gewinnbar, von der die Offshore Windenergiegewinnung 18 bis 21 TW<sub>el</sub> ausmacht (LU et al. 2009). Das

über die Zeit sehr ungleichmäßige Windangebot an den einzelnen Windparkstandorten muss jedoch durch ein großes, sich über möglichst viele Staaten erstreckendes, leistungsfähiges Verbundnetz mit Energiepuffern ausgeglichen werden.

### Meeresströmungsenergie

Es sind hauptsächlich zwei Formen von Strömungen im offenen Meer nutzbar. Zum Einen können die großen Meeresströme der Weltmeere genutzt werden, wie z.B. der Golfstrom vor der Ostküste Amerikas oder der Kuroshiostrom vor der Südküste Japans (KOSKE 1988; vgl. auch Kap. 1.2: Fahrbach). Bei einer großtechnischen Nutzung des Golfstromes bestehen allerdings Bedenken, diesen dadurch abzuschwächen und das Klima mit dann unabsehbaren Folgen zu beeinflussen (FINKL & CHARLIER 2009; vgl. auch Kap. 2.1: Kienert). Zum Anderen können lokale Strömungen, wie sie die Tide verursacht, genutzt werden. Dabei werden Gezeiten durch die Anziehungs- und Fliehkräfte zwischen Erde und Mond bzw. Erde und Sonne hervorgerufen, durch die sich die Erde hindurchdreht. Die Anziehungskraft des Mondes wirkt, aufgrund seiner Erdnähe, auf der Erde etwa doppelt so stark, wie die der Sonne. Treten die hierdurch zusammen mit der Erdrotation hervorgerufenen Wassermassenbewegungen in Resonanz mit Küstenformationen (vgl. auch Kap. 1.7: Reise) wie Buchten und Flussmündungen, so kann sich der normale Tidenhub, der auf offener See unter 1 m liegt, erheblich steigern. Dies hat u.a. stärkere Strömungen in Küstennähe zur Folge.

Für die Nutzbarkeit der unterschiedlichen Meeresströmungen gilt die gleiche Beziehung wie für die Windenergie, nämlich die bereits hergeleitete Relation  $P \sim v^3$  (KOSKE 1988, GARRETT & CUMMINS 2008). Für die Berechnung der obigen Gleichung ist die Dichte



**Abb. 4.4-1:** Windpark Horns Rev bei Esbjerg, 14 km vor der dänischen Nordseeküste. Vom Strand aus sind die Windkraftanlagen bei guter Sicht deutlich zu sehen (Foto: Vanselow).

der Luft durch die etwa 800-fach größere des Wassers auszutauschen (FINKL & CHARLIER 2009), und eine erheblich geringere Strömungsgeschwindigkeit anzusetzen. Im Vergleich zum unsteten Wind sind Wasserströmungen weniger schwankend und somit besser kalkulierbar.

Strömungskraftwerke im offenen Wasser werden z.B. mit Zweiblattrotoren betrieben, die ihre Flügel um  $180^\circ$  in den jeweiligen Tidestrom drehen können. Typische Werte sind ein Rotordurchmesser von 16 m und eine Leistung von 600 kW pro Rotorturbine bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 2,4 m/s (wie z.B. als SeaGen entwickelt und vertrieben). Aber auch andere Konzepte können diese Energiequelle nutzen wie z.B. durch die Strömung angetriebene, sich auf- und abwärts bewegende Flügel (MUELLER & WALLACE 2008).

Die tidebedingten Meeresströmungen können weltweit mit einer theoretisch nutzbaren Leistung von 90  $\text{GW}_{\text{el}}$  angesetzt werden (IEA-OES 2008, BHUYAN 2008). Nimmt man alle Meeresströmungen zusammen sind mindestens 450  $\text{GW}_{\text{el}}$  (FINKL & CHARLIER 2009), maximal sogar bis zu 5 TW denkbar (OCS-EIS 2006).

### Gezeitenkraftwerke

Ein Sonderfall der Meeresströmungsenergie sind die Gezeitenkraftwerke. Sobald der Tidenhub über 5 m beträgt, kann eine Nutzung in Gezeiten- bzw. Stauwasserkraftwerken wirtschaftlich sein. Dies trifft allerdings nur für etwa 37 Standorte auf der ganzen Welt zu (KOSKE 1988).

Beispielsweise arbeitet seit 1966 bei St. Malo in Frankreich das bis 2009 weltweit größte Kraftwerk mit 240 MW erfolgreich (CHARLIER 2007, *Abb. 4.4-2*). Der 800 m lange Damm über die Rance Mündung beherbergt 24

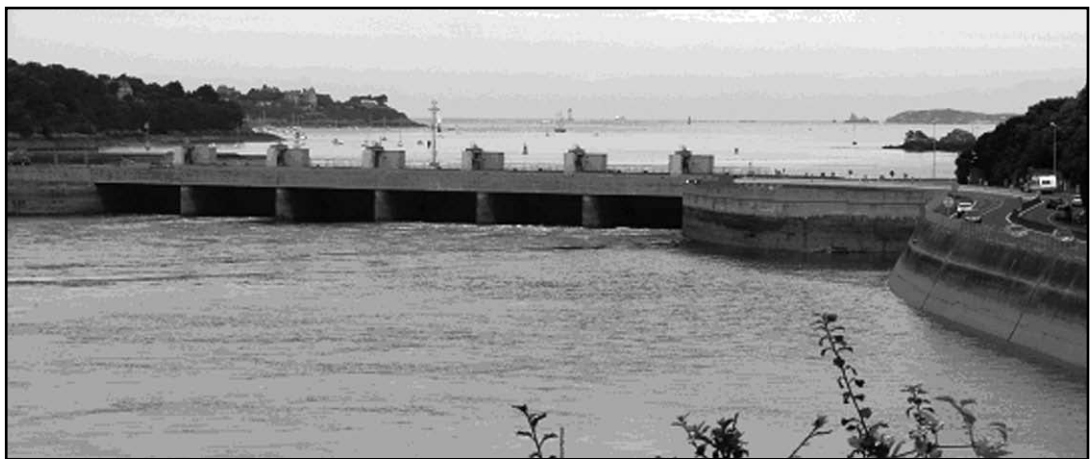
Turbinen mit je 10 MW Leistung. Der Tidenhub beträgt dort 9–14 m und es werden ca. 200 Mio.  $\text{m}^3$  Wasser eingestaut. Allerdings ist die gut vorhersagbare Leistung mit nur etwa 25% des Turbinenwertes abrufbar, da der benötigte Wasserstandsunterschied tidebedingt nicht ständig verfügbar ist. Störend wirken sich ferner Schwankungen der Tidenhöhe z.B. durch Spring- und Nipptiden aus. Auch der tägliche Versatz der Tidezeiten um gut 50 Minuten sorgt dafür, dass der erzeugte Strom um diese Zeit verschoben verfügbar ist. Dieses Kraftwerk kann nicht nur als Stauwasserkraftwerk, sondern ebenfalls als Pumpspeicherkraftwerk betrieben werden, um mit geringem Energieaufwand größere Wasserstandsunterschiede vor und hinter den Turbinen zu erreichen (KOSKE 1988).

Weitere Gezeitenkraftwerke werden derzeit z.B. an der Westküste Südkoreas am Gelben Meer gebaut. Anfang 2010 ist in der Asan-Bucht ein Kraftwerk mit 260 MW in Betrieb genommen worden (mit 10 Turbinen zu je 26 MW und einem fast 13 km langen Damm). Weitere Gezeitenkraftwerke sollen folgen.

Gezeitenkraftwerke verfügen bisher neben den Windkraftanlagen über die am weitesten ausgereifte Technik. Weltweit kann man von einer theoretischen Verfügbarkeit der gezeitenbezogenen Leistung von mindestens 34  $\text{GW}_{\text{el}}$  ausgehen (IEA-OES 2008, BHUYAN 2008).

### Wellenenergienutzung

Bewegen sich zwei Medien gegeneinander, so können an deren Grenzschicht Wellen entstehen. Auf den Meeren geschieht dies durch die Wechselwirkung zwischen Luft und Wasser (vgl. auch Kap. 1.6: Müller et al.).



**Abb. 4.4-2:** Gezeitenkraftwerk bei St. Malo, Frankreich. Der Blick geht über den turbinenführenden Teil des Dammes in Richtung der Bucht von St.-Malo im Ärmelkanal (Foto: Vanselow).

In der Nordsee kommen im Mittel Wellen von 1,5 m Höhe und 6,2 s Periodendauer vor. Das entspricht einer Leistung von 14 kW pro Meter Wellenfront. Eine typische Welle im Nordatlantik nahe der schottischen Küste hat dagegen eine mittlere Höhe von 2,7 m und eine Periodendauer von 7,1 s und somit einer Leistung von 50 kW pro Meter Wellenfront (KOSKE 1988). Daher lohnt es sich z.B. vor und an der Küste Schottlands diese Energieform zu nutzen. Man muss dabei auf Konstruktionen zurückgreifen, die auch zerstörerischen Extremwellen standhalten.

Es gibt diverse Prinzipien, die die Nutzung der Wellen ermöglichen. Man kann die Wellen über sich verjüngende Rampen in einem Überschwemmungssystem in ein erhöhtes Reservoir fließen lassen, um dieses dann über ein Wasserfallkraftwerk zu nutzen. Ebenfalls ist die beim Wellendurchgang erzeugte vor- und rückwärts gerichtete Strömungsenergie direkt nutzbar, wie z.B. mit Hilfe von am Meeresboden installierten im Takt der Wellen schwingenden Paddeln bzw. Keulen. Zur Nutzung in Turbinen sind Konstruktionen vorteilhaft, die in Hohlräumen über den Wellen Luftströme erzeugen, die gleichmäßiger sind als die Wasserbewegungen selber. Dieses Prinzip wird u.a. in Wellenbojen, Wellenluftstromkraftwerken auf vor Anker liegenden Schiffen (Kaimei-Prinzip) und Wellenluftstromkraftwerken an Küstenstandorten in Felsen oder Spundwänden eingesetzt. Auch die Nutzung von Meereswellen mittels über Scharniere verbundener Flöße sei erwähnt. Hier wird die Energie mechanisch oder hydraulisch in den Scharnieren erzeugt (z.B. Seeschlange Pelamis mit 750 kW Leistung aus einem 120 m langen und 3,5 m breiten Rohrsystem).

Die Nutzung von Felsküsten erlaubt den Aufbau an geschützten, von Land aus erreichbaren Stellen. Besonders günstig ist die Verbindung von Küstenschutzbauwerken oder Hafentmolen mit Wellenkraftwerken, die dann in diese integriert werden. So kann die Wellenkraft gewinnbringend reduziert werden.

Die Wellenenergie kann weltweit mit einer theoretisch verfügbaren Leistung von ungefähr 1 bis 9  $TW_{el}$  angesetzt werden (BHUYAN 2008), nutzbar scheint davon aber nur ca. 1% zu sein (IEA-OES 2008).

### **Nutzung von Gradienten des Salzgehaltes**

Konzentrationsunterschiede im Salzgehalt können ebenfalls der Energiegewinnung dienen. Flusswasser hat einen Salzgehalt von 0,5–1 g pro kg Wasser, Seewasser im Mittel einen Salzgehalt von ca. 35 g per kg (vgl. auch Kap. 1.3: Liebezeit). Trennt man diese Flüssigkeiten durch eine semi-permeable Membran, durch

die nur das Süßwasser passieren kann, so baut sich ein osmotischer Druck über der Membran auf. Dieser Druckunterschied kann theoretisch bis zu 25 bar betragen, was einer Wassersäule von 250 m Höhe entspricht. Diesen Überdruck kann man zur Energiegewinnung, z.B. über Turbinen, kontrolliert entspannen. Damit die Membranen nicht verstopfen, benötigt man jedoch sauberes Wasser.

Das weltweit erste Osmosekraftwerk wurde Ende 2009 im norwegischen Tofte in Betrieb genommen. Dieser Prototyp eines Kleinkraftwerks nutzt zur Energiegewinnung Flusswasser und das Salzwasser des nahen Oslofjords. Die vom GKSS-Forschungszentrum Geesthacht speziell für dieses Kraftwerk gefertigte Membran liefert eine Leistung von 3  $W/m^2$ . Es ist davon auszugehen, dass erst bei 5  $W/m^2$  eine wirtschaftliche Nutzung möglich ist (GERSTANDT et al. 2008).

An der Elbemündung könnte beispielsweise ein Kraftwerk mit 100  $MW_{el}$  betrieben werden, wenn dem nicht die hohe Schwebstofffracht und die lange Durchmischungszone im Tidebereich entgegenstehen würden (KOSKE 1988).

Würde man alle geeigneten Flüsse in Meeresnähe nutzen, ständen weltweit theoretisch um die 0,2  $TW_{el}$  an Leistung zur Verfügung (IEA-OES 2008, BHUYAN 2008).

### **Nutzung der Temperaturgradienten im Meer**

Bei dieser natürlichen Energiequelle wird ein Temperaturunterschied zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser von mindestens 20 °C z.B. für den Antrieb von Niedertemperatur-Dampfturbinen benötigt. Dieser ist äquatornah bei hoher Sonneneinstrahlung und mindestens 26 °C an der Wasseroberfläche und ca. 6 °C unterhalb 500 m Wassertiefe gegeben.

Über die Temperaturdifferenz muss ein in einem geschlossenen Kreislauf befindliches Medium (z.B. Ammoniak) aus der flüssigen in die gasförmige Phase über einen Verdampfer und zurück über einen Kondensator gewandelt werden. So kann bei der Verdampfung des flüssigen Mediums mit Hilfe des warmen Oberflächenwassers das sich vergrößernde Volumen der Gasphase durch eine Strom erzeugende Turbine gedrückt werden. Dahinter wird das Gas über kaltes Tiefenwasser wieder verflüssigt und über eine Pumpe rückgeführt.

Bei diesem Verfahren wird das die Anlage umgebende Oberflächenwasser des Meeres um mehrere Grad Celsius abgekühlt, da die für den obigen Prozess genutzten Wassermassen wieder oberflächennah das System verlassen.

Ein Vorteil dieser Anlagen liegt in der konstan-

ten und kalkulierbaren Nutzbarkeit seiner Energie. Kleinere Anlagen haben den Nachteil, dass ein Großteil der erzeugten Energie für die eigenen Pumpen benötigt wird.

So wurde z.B. 1979 eine schwimmende MINI-OTEC Anlage mit 50 kW erfolgreich vor Hawaii getestet, wo küstennah große Wassertiefen erreicht werden. Hierbei hatte das Tiefenrohr eine Länge von 665 m, einen Durchmesser von 0,61 m, und es transportierte 700 m<sup>3</sup> Wasser pro Stunde. Zur Selbsterhaltung des Prozesses wurden 33 kW benötigt, so dass nur 17 kW an nutzbarer Leistung erzeugt wurden. Bei größeren Anlagen verbessert sich allerdings der Nutzeffekt (KOSKE 1988).

In Nordeuropa ist diese Technologie zur Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) aber wegen des zu geringen Temperaturgradienten nicht praktikabel. Könnte man weltweit alle entsprechend ausgeprägten Meerestemperaturgradienten nutzen, stünden theoretisch zwischen 1 bis 10 TW<sub>el</sub> Leistung zur Verfügung (IEA-OES 2008, BHUYAN 2008).

### Weitere Energiequellen und Ausblick

Eine direkte Nutzung des Sonnenlichtes auf See mittels Fotovoltaikmodulen findet auf Mess-, Fahrwassertonnen, Pfählen und Schiffen statt. Hierdurch werden in kleinem Umfang Stromverbraucher, wie Lichtquellen, Messgeräte oder Funkanlagen, autark betrieben. Größere Anwendungen sind bisher über das Stadium von Ideenskizzen und Pilotanlagen nicht hinausgekommen.

Meeresalgen, Seegras oder Tang können als Biomasse aus dem Meer gewonnen werden. Diese können in entsprechenden Fermentern vergoren und die entstehenden Produkte Biogas und Wärme genutzt werden. Diese Energiegewinnung ist nur an Standorten möglich, wo eine ausreichende und andauernde Biomassezuführung möglich ist. Diese Energienutzung steckt noch sehr in den Anfängen (YOKOYAMA et al. 2007).

Zukünftig kann möglicherweise auch die Nutzung von Methanhydraten aus der Tiefsee (vgl. auch Kap. 3.12: Treude und Kap. 4.5: Wallmann et al.) zur Energieversorgung beitragen.

Einige der aufgezeigten Möglichkeiten können bereits heute, andere erst bei entsprechenden Fortschritten in Forschung und Entwicklung oder höheren Energiepreisen wirtschaftlich genutzt werden. Regenerative Energien versprechen in einem ausgewogenen Mix unterschiedlichster Ressourcen die größte Wirtschaftlichkeit. Die regenerativen Energien aus dem Meer stellen hierbei ein gewaltiges Potenzial dar, dessen verantwortungsbewusste Erschließung und Nutzung

für den Menschen immer wichtiger wird. Bei diesem sich etablierenden Wirtschaftszweig ist es daher wichtig, bereits im Vorfeld Risiken und Chancen für die Meeresumwelt, das Klima und damit letztendlich für den Menschen bestmöglich abzuwägen. Ein solcher Prozess findet derzeit unter Einbeziehung unterschiedlichster Interessensgruppen in der Offshore Windpark-Debatte in Deutschland statt.

### Literatur

- BHUYAN G. S. (2008): Harnessing the Power of the Oceans. OPEN Energy Technology Bulletin, No. 52, 1-6. ([http://www.iea.org/impagr/cip/archived\\_bulletins/](http://www.iea.org/impagr/cip/archived_bulletins/)).
- CHARLIER R. H. (2007): Forty candles for the Rance River TPP tides provide renewable and sustainable power generation. Renewable and Sustainable Energy Reviews 11, 2032-2057.
- FINKL C. W. & R. CHARLIER (2009): Electrical power generation from ocean currents in the Straits of Florida: Some environmental considerations. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 2597-2604.
- GARRETT C. & P. CUMMINS (2008): Limits to tidal current power. Renewable Energy 33, 2485-2490.
- GERSTANDT K., PEINEMANN K.-V., SKILHAGEN S.E., THORSEN T. & T. HOLT (2008): Membrane processes in energy supply for an osmotic power plant. Desalination 224, 64-70.
- HOHMEYER O. (1989): Soziale Kosten des Energieverbrauchs. 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- IEA-OES (2008): Invited Articles on Global Status and Perspectives of Ocean Energy Technologies. In: A. Brito-Melo and G. Bhuyan (Eds.), 2008 Annual Report – IEA-OES Document A08, International Energy Agency Implementing Agreement on Ocean Energy Systems, February 2009, 26-51. ([www.iea-oceans.org](http://www.iea-oceans.org)).
- KOSKE P. (1988): Meeresenergie. In: Nutzung regenerativer Energie, Handbuchreihe Energie Bd.13/Hrsg. Th. Bohn. - Gräffelfing b. München: Technischer Verlag Resch; Köln: Verlag TÜV Rheinland, 463-500.
- LU X., MCELROY M. B. & J. KIVILUOMA (2009): Global potential for wind-generated electricity. Proceedings of the National Academy of Sciences 106, 10933-10938.
- MUELLER M. & R. WALLACE (2008): Enabling science and technology for marine renewable energy. Energy Policy 36, 4376-4382.
- OCS-EIS (2006): Technology White Paper on Ocean Current Energy Potential on the U.S. Outer Continental Shelf. Outer Continental Shelf (OCS) Alternative Energy Programmatic Environmental Impact Statement (EIS). U.S. Department of the Interior, 6 Seiten. (<http://ocsenergy.anl.gov>).
- YOKOYAMA S., JONOUCHI K. & K. IMO (2007): Energy Production from Marine Biomass: Fuel Cell Power Generation Driven by Methane Produced from Seaweed. World Academy of Science, Engineering and Technology 28, 320-323.

*Dr. Klaus Heinrich Vanselow  
Universität Kiel  
Forschungs- und Technologiezentrum Westküste  
Hafentörn 1 - 25761 Büsum  
vanselow@ftz-west.uni-kiel.de*