

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 106 (2015)
Heft: 2

Artikel: Die Kraft des Mondes
Autor: Novotný, Radomir
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856598>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.12.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Kraft des Mondes

Prinzipien und Herausforderungen bei Gezeitenkraftwerken

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, um Ozeane zur Stromerzeugung zu nutzen. Man kann die Ozeanströmungen, die Wellen, die gespeicherte Wärme oder die Salinität mittels Osmose nutzen – all dies wurde bereits in Projekten realisiert. Aber die leistungsstärksten und vielversprechendsten Kraftwerke in Ozeanen setzen auf die Gezeitenkraft. Auch hier gibt es verschiedene Varianten. Bei gewissen Anlagen ist zudem ein Pumpbetrieb möglich, der beispielsweise eine bessere Einbindung von volatiler Windenergie ins Übertragungsnetz ermöglicht.

Radomír Novotný

Wenn man an die Nutzung erneuerbarer Energien denkt, stehen die volatilen Solar- und Windenergien – aus verschiedenen Gründen – im Rampenlicht. Um die Gezeitenkraft ist es verhältnismässig ruhig, obwohl sie bereits seit 1967 in La Rance, Frankreich, in grösserem Massstab erfolgreich genutzt wird. Das Schattendasein ist eigentlich erstaunlich, wenn man bedenkt, dass die Gezeitenenergie die einzige erneuerbare Energieform ist, die nebst der Geothermie in der Lage ist, prognostizierbare und verlässliche Elektrizität zu liefern.

Die Gezeitenkraft

Ebbe und Flut entstehen hauptsächlich durch die Anziehungskraft zwischen Erde und Mond. Dieser Gravitationskraft ist die Anziehung zwischen Sonne und Erde überlagert, die aber eine geringere Rolle spielt, da der Mond viel näher bei der Erde ist. Durch die Erdrotation bewegen diese Kräfte die Wassermassen der Ozeane und es entstehen Gezeitenwellen. Diese Wellen betragen im offenen Ozean etwa 0,5 bis 1 m. Gelangen die Gezeitenwellen in Buchten oder Meeresarme wie den Ärmelkanal, wächst die Wellenhöhe manchmal deutlich an (Bild 3).

Der weltweit grösste Gezeitenhub findet im Minas-Becken an der nordamerikanischen Atlantikküste statt: Der maximale Hub beträgt dort 17 m. Dieses Phänomen ist in dieser Bucht besonders ausgeprägt, weil sie einen auf die Gezeitenwellen abgestimmten Resonator bildet. Weitere «Gezeitenverstärker» findet man im fernen Osten Russlands im Penschinabusen (Maximalhub 13,9 m), in

Südargentinien (Hafen des Rio Gallegos, 12 m), an der französischen Küste im Golf von Saint-Malo (14,7 m in Granville) sowie im Bristolkanal, wo der Maximalhub an der Mündung des Flusses Severn 14,5 m erreicht. In Liverpool registriert man noch knappe 11 m.

Systemarten

Früher standen die Gezeitenkraftwerke mit Staudämmen im Fokus, d.h. Kraftwerke, die die potenzielle Energie des Wassers nutzen. Dieses Prinzip geht auf die Gezeitenmühlen zurück, die seit Jahrhunderten eingesetzt wurden. Heute interessiert man sich aus ökologischen

Gründen besonders für die Systeme, die nicht auf Dämme angewiesen sind und die stattdessen die Gezeitenströmungen nutzen, analog zu Windkraftanlagen.

Staudammkraftwerke

Staudamm-Gezeitenkraftwerke werden an Meeresbuchten und in Flussmündungen mit geeignetem Gezeitenhub errichtet. Ein Deich mit Rohrturbinen trennt die Bucht vom Meer. Je nach Konstruktion arbeiten die Turbinen nur in eine Durchströmungsrichtung oder, durch Umstellung der Rotorblätter, in beide. Falls – wie bei La Rance (Bild 2) – vorgesehen, hat man zudem die Möglichkeit, Netzenergieüberschuss durch Pumpbetrieb der Turbinen zu speichern, um die Stromerzeugung besser an den Verbrauch anzupassen und somit das Netz zu stabilisieren. Dies könnte künftig eingesetzt werden, um in der Nähe eines Gezeitenkraftwerks stationierte Offshore-Windanlagen besser ins Stromübertragungsnetz zu integrieren, indem sie direkt an die Gezeitenkraftwerke statt ans Netz angeschlossen werden.[1] Durch das Pumpen erhöht sich aber die Amplitude der Gezeiten zusätzlich und es werden höhere Dämme benötigt.

In La Rance hat man doppelt geregelte Kaplan-Rohrturbinen mit verstell-



Andritz Hydro

Bild 1 Eine im European Marine Energy Centre getestete Gezeitenturbine mit einer Leistung über 1 MW und einem Rotordurchmesser von 21 m.



Bild 2 Der 750 m lange Damm des Gezeitenkraftwerks Rance sorgt schon seit fast 50 Jahren für eine zuverlässige erneuerbare Stromerzeugung.

baren Blättern und einstellbarem Leitapparat sowie einer klassischen Synchronmaschine.

Gezeitenkraftwerke mit mehreren Pools – einem hohen und einem niedrigen Pool – sind auch denkbar. Sie würden zwar die gleiche Energiemenge liefern wie gewöhnliche Gezeitenkraftwerke, wären aber viel flexibler: Sie wären sogar in der Lage, kontinuierlich Energie zu liefern, denn das Wasser könnte zwischen den Pools turbinieren werden. Das Problem, dass relativ viel Strom zwar periodisch, aber nur zu bestimmten Zeiten verfügbar ist, würde entfallen.

Lange war das Gezeitenkraftwerk Rance mit 240 MW die leistungsstärkste Anlage. 2011 hat das südkoreanische Gezeitenkraftwerk Sihwa-ho das französische Pendant überholt und liefert nun 254 MW. An dritter Stelle bezüglich Leistung steht das 1984 erbaute kanadische Kraftwerk Annapolis, das mit 20 MW deutlich kleiner ist.

Meeresströmungskraftwerke

Die Gezeitenströmungen lassen sich auch ohne Dämme durch frei in der Strömung stehende Turbinen nutzen. Wegen der über 800 Mal grösseren Dichte des Wassers produzieren sie schon bei sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten. Der langsam drehende Rotor reduziert die Gefährdung von Fischen deutlich im Vergleich mit Dammezeitenkraftwerken.

Da bei Strömungskraftwerken die stark durch die Topografie bestimmte Strömungsgeschwindigkeit massgebend ist, spielt der Gezeitenhub eine kleinere Rolle. Zur Illustration: Die Strömungsgeschwindigkeit im Cook Inlet, Alaska, liegt

zwischen 3 und 4 ms^{-1} bei einem Gezeitenhub von fast 10 m, die Strömungsgeschwindigkeit zwischen den Aleuten, einer zwischen Nordamerika und Asien liegenden Inselkette, ist mit 2,5 bis 3 ms^{-1} ähnlich gross, obwohl der Gezeitenhub nur etwa 1 m beträgt.

Einige kleinere Meeresströmungskraftwerke wurden in den letzten Jahren bereits realisiert, allerdings mit Leistungen im einstelligen MW-Bereich. Das Potenzial ist noch bei Weitem nicht ausgeschöpft, denn in Europa allein gibt es über 100 geeignete Standorte. Das grösste europäische Projekt wird im schottischen Pentland Firth zwischen dem schottischen Festland und Orkney ausgeführt: Insgesamt 400 Turbinen, verteilt auf eine Fläche

von 3,3 km^2 , sollen künftig fast 400 MW liefern. Die erste Installation von 86 MW soll Anfang 2016 in Betrieb gehen.

Grossbritannien verfügt über rund die Hälfte der Wellen- und Gezeitenenergie Europas. Gemäss Schätzungen könnte damit rund 20% des Strombedarfs des Vereinigten Königreichs abgedeckt werden. Bereits 2003 wurde deshalb die weltweit erste Meeresenergie-Testanlage für Wellen- und Gezeitenkraftwerke bei den Orkney-Inseln errichtet. Die dortigen Strömungsgeschwindigkeiten erreichen bis zu 4 ms^{-1} . Firmen wie Alstom, Andritz Hydro, OpenHydro und Voith testeten dort ihre Turbinen.

Bauarten

Bei Strömungskraftwerken gibt es zahlreiche Typen. Der populärste Typ ist die Horizontalachsentrurbine (**Bild 1**). Daneben gibt es die Vertikalachsentrurbine, die vergleichbar mit dem in der Windkraft eingesetzten Darrieus-Rotor ist. Weitere Varianten umfassen die ummantelte Turbine (Venturirohr-Prinzip), die einen höheren Wirkungsgrad aufweist, die archimedische Schraube, einen «Gezeiten-Drachen» sowie oszillierende Tragflügel.

Die Nasa hat 2009 ein eigenes Konzept eines Strömungskraftwerks vorgeschlagen: das JPL/Caltech hydrokinetic energy transfer system. Statt jede Turbine mit einem Generator auszustatten, könnten die Turbinen eine Hochdruck-Flüssigkeit pumpen, die dann an Land einen grossen Generator antreiben würde. Die Technologie wurde von einer Art Antriebstechnologie für Unterwasserfahr-

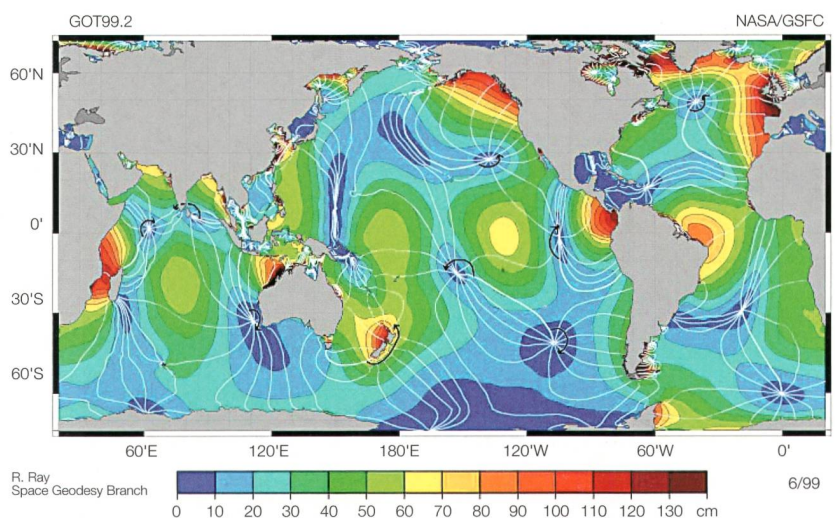


Bild 3 Die Gezeitenwellen sind Wellen, die sich periodisch in den Weltmeeren verbreiten. Die Amplitude der Pegelschwankungen ist farbkodiert. Es gibt mehrere Knotenpunkte mit geringer Amplitude, um die die Wellen herumlaufen.

zeuge abgeleitet. Der Vorteil ist, dass sich keine elektrischen Komponenten unter Wasser befinden. Korrosion wird so verhindert und die Wartung vereinfacht. Aber seit der Vorstellung dieses Konzepts ist es um diese Idee still geworden.

Herausforderungen

Bei Gezeitenkraftwerken mit Dämmen liegen die Herausforderungen anders als bei Strömungskraftwerken. Für den Dammbau wird viel Material benötigt, besonders Zement. Der Bau ist kostspielig und Dämme sind aus ästhetischer Sicht nicht beliebt. Die Sedimentablagerung (Verlandung von Mündungen) ist unerwünscht. Die durch die starke Bündelung des Wassers und entsprechend hohen Wassergeschwindigkeiten verursachte Gefährdung der Fische sowie lokale Veränderungen der Wassertemperatur und des Salzgehaltes erschweren das Leben der Meerestiere. Zudem gibt es weitere Folgen von Dammstrukturen, die oft schwer prognostizierbar sind.

Bei Strömungskraftwerken, die sich komplett unter der Wasseroberfläche befinden, müssen Wechselwirkungen mit Schiffen und mit dem Fischfang berücksichtigt werden. Die Installation und Wartung solcher Turbinen ist technisch sehr anspruchsvoll, da sie wegen starken Winden, hohen Wellen und den Gezeiten nur schwer erreichbar sind. Zudem müssen sie wasser- und salztauglich sein. Die Turbinen erzeugen auch Lärm, der sich negativ auf gewisse Meerestiere auswirken kann.

Résumé

La force de la Lune

Principes et enjeux des centrales marémotrices

Il existe de nombreuses manières d'utiliser les océans pour produire de l'électricité. Il est en effet possible d'exploiter les courants océaniques, les vagues, la chaleur accumulée ou bien la salinité au moyen de l'osmose. Tout cela a d'ores et déjà été réalisé dans le cadre de plusieurs projets. Toutefois, les centrales les plus performantes et les plus prometteuses misent sur l'énergie marémotrice. Il en existe également différentes variantes qui peuvent être principalement réparties dans deux catégories : les centrales avec barrage et les hydroliennes. Certaines installations de barrage peuvent en outre fonctionner en mode pompage, ce qui permet par exemple une meilleure intégration de l'énergie éolienne volatile dans le réseau de transport.

Les évolutions actuelles avec des turbines qui rendent les barrages superflus, ainsi que les essais et les installations tels que ceux réalisés dans les Orcades en Écosse dénotent les réflexions plus intenses qui sont menées aujourd'hui quant aux lieux et aux procédés susceptibles d'exploiter cette énergie marémotrice inépuisable.

No

Künftige Rolle

Aktuelle Entwicklungen mit kleineren Turbinen, die keine Dämme benötigen, sowie entsprechende Tests und Installationen wie in Schottland deuten darauf hin, dass man sich intensiver Gedanken darüber macht, wo und wie die Gezeitenkraft genutzt werden könnte. Es wäre schade, das Potenzial dieser Art der prognostizierbaren, erneuerbaren Energiegewinnung – die einzige, die die Mondkraft einsetzt – nicht intensiver zu nutzen und einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Stromerzeugung zu leisten.

Literatur

- Hermann-Josef Wagner, Jyotirmay Mathur, Introduction to Hydro Energy Systems, Springer, 2011.
- Efstathios E. Michaelides, Alternative Energy Sources, Springer, 2012.

- Alan J. Sangster, Energy for a Warming World, Springer, 2010.
- David J.C. MacKay, Sustainable Energy — without the hot air, UIT, 2009.
- Zygmunt Kowalik, «Tide distribution and tapping into tidal energy», Oceanologia, 2004, 46 (3), S. 291–333.

Links

- Gezeitenprognosen: www.tide-forecast.com
- Europ. Marine Energy Centre: www.emec.org.uk

Referenz

- [1] David J.C. MacKay, «Enhancing Electrical Supply by Pumped Storage in Tidal Lagoons», University of Cambridge, 2007.

Autor

Radomir Novotny ist Chefredaktor Electrosuisse beim Bulletin SEV/VSE.
 Electrosuisse, 8320 Fehraltorf,
radomir.novotny@electrosuisse.ch

Anzeige

ANSON liefert gut und preisgünstig:

Grosse Axialventilatoren

Antriebdirekt.
 Auch für 400° C/2h.
 V = bis 200'000 m³/h
 und Drücke bis 3000 Pa.
 Offerte von:

Grosse Radialventilatoren

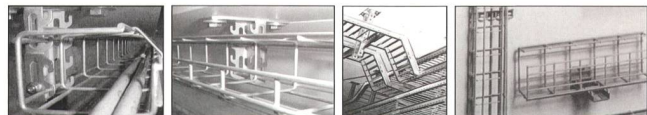
Antrieb direkt, über Kupplung oder Keilriemen. Bis 20 m³/sec. bzw. 12 kPa. Auch für hohe Temperaturen und aggressive Medien.

Alle Schalter und Steuerungen

zum energiesparenden Betrieb grosser Axial- und Radialventilatoren von:

ANSON AG 044/461 11 11
 8055 Zürich Friesenbergstrasse 108 Fax 044/461 31 11

info@anson.ch
www.anson.ch



G-Kanäle™ Weitspann-Multibahnen

1. geprüft auf Erdbebensicherheit SIA 261 Eurocode 8 (EMPA)
2. geprüft auf Schockwiderstand 1 bar Basisschutz (ACS Spiez)
3. geprüft auf Funktionserhalt im Brandfall 90 Min. (Erwitte)

3-fach geprüft gibt Sicherheit in schwierig zu evakuierenden Gebäuden, in Anlagen mit grossem Personenverkehr, in Wohn-, Hotel- und Bürohochhäusern.

Preis günstig. Qualität top. Lieferung klappt: LANZ nehmen.



lanz oensingen ag

CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2
 Telefon 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24
www.lanz-oens.com info@lanz-oens.com