





Bojen im Auf und Ab der Wellen: Die Bewegung treibt Generatoren an, die wiederum grünen Strom produzieren.

zieren. 2014 ging bei dem Versuch das Unternehmen Pelamis Wave Power pleite, an dem auch Eon beteiligt war. 2009 beendeten die Schotten das bis dahin weltgrößte Wellenprojekt nördlich von Porto wegen technischer und finanzieller Probleme. Das schlangenförmige Kraftwerk galt als Zukunftstechnologie. Heute ist es Elektroschrott. Ähnlich erging es anderen Start-ups wie Aquamarine Power.

Denn um Stürme zu überstehen, gerieten Anlagen regelmäßig zu klobig und schwer und waren damit im Vergleich zu anderen Erneuerbaren viel zu teuer. Laut Irena liegen die Stromgestehungskosten für Wellenkraft derzeit zwischen 30 und 50 Cent pro Kilowattstunde (kWh). Bei Solarenergie sind es nur vier und bei Offshore-Windkraft rund sieben Cent.

Entsprechend gemischt fällt die Resonanz auf Wellenkraft aus. Fabian Thalemann vom Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik glaubt nicht, dass die Technologie für Industrieenanwendungen eine Rolle spielen wird. „Die bisherigen Erträge aus Pilotanlagen sind einfach viel zu gering.“

Für Deutschlands vergleichsweise ruhige See sei die Energieform ohnehin keine Option. Doch auch für wellenreiche Küsten wie vor Schottland, Portugal oder Nordamerika sieht der Forscher eher Nischenlösungen wie die Stromversorgung kleiner Inseln oder von Aquafarmen.

„Wellenkraftwerke müssen an technologiefeindlichen Orten bestehen. Daher ist die Herausforderung wesentlich größer als für Windkraft. Nicht nur Stürme, auch Meeressalz könne Anlagen beschädigen. Für Wartungen brauche es zudem ruhige Gewässer. Ist die Anlage defekt, sei daher mit langen Ausfallzeiten zu rechnen. Anders bewertet Christian Keindorf vom Institut für Schiffbau und Maritime Technik der Fachhochschule Kiel die Erfolgsaussichten der Wellenkraft. Mit seinem Team hat er einen eigenen Prototyp entwickelt, der derzeit in Kiel zu Wasser geht. Der Professor für Offshore-Anlagentechnik sieht in der Wellenkraft eine Chance, um die Energiewende zu ergänzen. Denn Wellen rollen auch, wenn weder der Wind bläst, noch die Sonne scheint.

Selbst für die Nordsee sieht Keindorf grundsätzlich Potenzial. „80 Kilometer vor Sylt messen wir im Jahresmittel Wellen in Höhe von zwei bis drei Metern.“ Die Energie daraus zu ernten sei möglich, wengleich eine „technologische Herausforderung“. Noch wähnt auch Keindorf die Technologie „in den Kinderschuhen“. Doch auch die Wind- und Solarbranche sei unter-

stützt durch Subventionen in 30 Jahren marktfähig geworden.

„Bei dem wachsenden Strombedarf wäre es fahrlässig, andere erneuerbare Energiequellen zu ignorieren, nur weil sie noch nicht kostengünstig in Serie gehen können“. In der Türkei soll in der Hafenstadt Ordu in den kommenden Jahren das nach eigenen Angaben größte Wellenkraftwerk der Welt gebaut werden. Das Kraftwerk will den Druck des Meeres entlang der Hafenummauer nutzen, um seine Turbinen anzutreiben, die dann Strom erzeugen. Der lokale Stromversorger Ordu Enerji und die schwedisch-israelische Firma Eco Wave Power wollen dafür 150 Millionen US-Dollar investieren. Den Anfang macht eine Vier-Megawatt-Anlage, die schließlich bis zur maximalen Nennleistung von 77 Megawatt aufgestockt werden soll.

#### KI berechnet die optimale Wellenausbeute

Damit würde die Anlage unter Maximalbedingungen etwa so viel Strom wie fünf Offshore-Windräder erzeugen und könnte rund 200.000 Menschen mit Strom versorgen. Ob die Technologie in der Türkei eine größere Rolle spielen wird, bleibt jedoch abzuwarten. Ein Jahr nach der Kraftwerkspräsentation steht Patrik Möller in der weltweit größten Testhalle für Wellenkraft in Stockholm und deutet auf eine C4-Demonstrationsboje. „Entscheidend ist, dass wir ein Äquivalent zur Schutzfunktion von Windkraft-Rotorblättern entwickelt haben, die bei Sturm in die Horizontale gehen.“

Fein aufeinander abgestimmte Luftströmungen im Inneren des Kraftwerks sorgen dafür, dass Sturmwellen die Boje nicht erfassen, sondern an und über ihr vorbeigleiten. „Dank dieser Innovation können wir auf schwere Schutzhüllen verzichten, die Wellenkraft bisher unrentabel gemacht haben“, sagt der Ingenieur, der als Student an der US-Universität Berkeley ein Start-up für Halbleitertechnologie aufgebaut hat. Nach einem Unwetter schaltet die Boje wieder ins „Ernteprogramm“. Dann berechnen künstliche intelligente Algorithmen 15 Sekunden im Voraus, wie genau die Luftströme in der Boje fließen müssen, damit sie sich im optimalen Moment mit der Welle auf und ab bewegt. So könne das System Ein-Meter-Wellen kräftemäßig in Drei-Meter-Wellen umwandeln. „Wie bei einem Kind auf der Schaukel. Um den Schwung maximal zu nutzen, darf man nicht zu früh oder zu spät anschubsen“, sagt Möller.

Bis 2027 soll vor der irischen Westküste eine weitere kommerzielle Wellenfarm mit zunächst 14 Bojen

und einer Leistung von fünf Megawatt entstehen. Das entspricht etwa einer Windanlage an Land. Insgesamt soll die Farm auf 100 Bojen und 30 MW anwachsen. Partner sind die Energiekonzerne EDP (Portugal) und Enel (Italien) sowie der irische Projektentwickler Simply Blue Group. Ab „insgesamt 600 MW installierter Leistung sollten wir wettbewerbsfähig mit Wind und Sonne sein“, so Möller. Diese Marke will Corpower Anfang der 2030er Jahre erreichen. Industriekunden meldeten sich schon bei Möller, um auch bei Windflauten komplett erneuerbaren Strom zu beziehen.

#### „Angstfaktor bei der Wellenkraft eliminiert“

Das israelisch-schwedische Start-up Eco Wave Power nutzt einen anderen Ansatz. Um Sturmschäden zu vermeiden, haben die gebürtige Ukrainerin Inna Braverman und ihr Co-Gründer David Leb ihre Kraftwerke in den Brandungsbereich verlegt. Genauer: Ihre Schwimmkörper, sogenannte „Floater“, haften etwa an Wellenbrechern wie am Hafen von Jaffa in Tel Aviv. Auch die Floater nutzen das Auf und Ab der Wellen, um Stromgeneratoren anzutreiben. Bei Unwetter klappten sie sich automatisch nach oben. „Wir benötigen keine Seekabel und haben einen Großteil unserer Ausrüstung an Land, so dass wir Kosten reduzieren und Schäden schnell reparieren können“, sagt die 37-Jährige.

Ein in Gibraltar installierter Pilot habe laut Braverman bereits sechs Jahre lang kleine Mengen ins Stromnetz eingespeist. „Wir haben den Angstfaktor bei der Wellenkraft eliminiert“, ist die Unternehmerin überzeugt, die das

# 15

**Sekunden** im Voraus berechnen Algorithmen, wie genau die Luftströme in der Boje fließen müssen, damit sie sich im optimalen Moment mit der Welle auf und ab bewegt.

Quelle: Corpower Ocean

Reaktorunglück von Tschernobyl als Säugling nur knapp überlebt hat.

Nun will sie zeigen, dass Eco Wave auch im großen Stil Strom produzieren kann. Im Juni soll zunächst eine 100-kW-Anlage im Hafen von Jaffa ans Netz gehen. Das reiche für 60 bis 100 Haushalte. Das israelische Energieministerium und der französische Energiekonzern EDF sind Partner.

„Wir können schnell skalieren, denn unsere Technologie ist simpel und modular aufgebaut“. Ob die in Ufernähe reduzierte Wellenkraft ausreicht, um bald Industriekunden zu beliefern, bleibt abzuwarten. So auch, welchen Modellen der kommerzielle Durchbruch gelingen könnte. Um die zehn unterschiedliche Anlagentypen zählt Irena, bei neuen Technologien nicht ungewöhnlich. Auch bei Windkraftwerken dauerte es, ehe sich Rotoren mit drei Blättern durchsetzen. „Die Zeit und Ressourcen sollten wir der Wellenkraft im eigenen Interesse auch geben“, konstatiert Keindorf.

Wellenkraftwerke ließen sich mit Offshore-Windfarmen koppeln. Diesen Einsatz sieht auch das Start-up Corpower mit seinen Strombojen vor. Der Vorteil: Wellen können auch dann Strom produzieren, wenn kein Wind weht. Der Wellenstrom könnte über dieselben Seekabel an Land gelangen, sodass dafür keine zusätzlichen Kosten anfallen. Auch Elektrolyseure, die grünen Wasserstoff herstellen, benötigen künftig große Mengen an erneuerbarem Strom. Eine Studie des Instituto Superior Técnico der Universität Lissabon zeigt, dass Wellenenergie die Stromzufuhr stabilisieren und Kosten für die H<sub>2</sub>-Produktion erheblich senken würde.