

# Kleiner Drache lernt Schwimmen

Es kommt noch mehr Bewegung in die Meeresenergie:  
Nach Schottland testet nun auch Dänemark ein neuartiges Wellenkraftwerk.



Fotos: agenda/Huppertz

**M**it einem lauten Quietschen lässt der Kranwagen den Koloss aus rotem Stahl zu Wasser. Einige Fischer sitzen rauchend am Kai, blinzeln in die Sonne und staunen. Kann eine solche Konstruktion wirklich in der kabbeligen See des Limfjord schwimmen?

Erik Friis-Madsen läuft nervös auf und ab. „Das ist ein großer Tag für mich“, sagt er. Fast 16 Jahre hat der dänische Erfinder an dem Wave Dragon, einem neuartigen Wellenkraftwerk, getüftelt. Nun liegen die beiden so genannten Wellenreflektoren des schwimmenden Kraftwerkes vertäut am Kai des Fischereihafens Thyborøn im Norden Dänemarks. Ein Boot wird die Teile weiter nach Draget schleppen, einem kleinen Ort am westlichen Limfjord.

Dort wartet die Plattform des Kraftwerkes an dem Steg des nahen Folkecenters, in dem seit über 20 Jahren innovative Energiekonzepte geschmiedet werden. Die beiden 28 Meter langen Reflektoren werden seitlich an den halbrunden Korpus montiert. Zusammengebaut sieht der 237 Tonnen schwere Wave Dragon dann aus wie ein riesiger Krebs.

Seine beiden Fangarme reckt er auf offener See den Wellen entgegen, um sie zu bündeln und über eine 27 Meter breite, doppelt gekrümmte Rampe zu lenken. Von dort aus strömt das Wasser in ein über dem Meeresspiegel gelegenes Sammelbecken. Bevor es auf das Meeresniveau zurückfällt, treiben die Wassermassen bei der Testanlage sieben Turbinen zur Stromerzeugung an. Es handelt sich also nicht um ein Gezeitenkraftwerk, die Wellenenergie dient lediglich zur Füllung des Speichers. Der Antrieb der Turbine wird durch die Gravitation verursacht. „Es funktioniert von der Grundidee wie eine Lagune“, erklärt Konstrukteur Friis-Madsen das einfache System.

Nach Schottland wollen jetzt auch die Dänen die Kraft der Wellen energetisch umsetzen (NEUE ENERGIE 5/2003). Um den Wave Dra-

**Behutsam zu Wasser:** Die beiden je 28 Meter langen Reflektoren des Wellenkraftwerks im Hafenbecken.

gon Wirklichkeit werden zu lassen, hat die Universität Aalborg europaweit Fachleute eingebunden. Neben britischen, irischen, schwedischen, finnischen und österreichischen Forschern ist auch der Lehrstuhl für Fluidmechanik an der Technischen Universität München daran beteiligt. Dort wurden die Kaplan-Propeller-Turbinen der Pilotanlage entwickelt und zum Teil auch gefertigt. Das Investitionsvolumen bis zum Ende der Testphase beträgt 4,3 Millionen Euro – gefördert unter anderem von der EU, der Danish Energy Authority und dem dänischen Stromnetzbetreiber Elkraft System amba.

In der jetzigen Version liefert der Wave Dragon nur rund 20 Kilowatt elektrische Energie. Doch es handelt sich erst um das 1:4,5 Model des Prototyps. Das künftige Wellenkraftwerk wird 21.750 Tonnen wiegen und eine Spannweite von 260 Metern aufweisen. Das Sammelbecken ist 5.000 Kubikmeter groß, bei einer Fallhöhe von drei Metern sollen seine Generatoren vier Megawatt Strom erzeugen. Der Wave Dragon wird beweglich im Wasser liegen, gesichert durch ein Ankersystem mit zwei Fixpunkten. So kann er sich zu jeder Seite um 60 Grad drehen. Mit dem Ankersystem verbunden ist ein Netz von Seilen, mit denen die beiden Reflektoren verstellt werden können – im Unterschied zu der vor Schottland eingesetzten

Technik, die auf eine starre Konstruktion setzt.

„Mit unserem System kann die Öffnung der Reflektoren stets entgegen der Wellenrichtung zeigen“, sagt Erik Friis-Madsen. An der Unterseite der Plattform liegen mit Druckluft gefüllte Kammern. Über die Kammern wird reguliert, in welcher Höhe das Kraftwerk im Wasser liegt. So können die Wankbewegungen gedämpft und die Höhe an die jeweilige Wellenlage angepasst werden. Wave Dragons sollen in Parks 25 Kilometer vor der Küste zum Einsatz kommen. Unterschiedliche Modelle sollen nach Friis-Madsens Vorstellungen an die jeweiligen Standorte angepasst werden. In der Nordsee zum Beispiel sind die Abstände zwischen den Wellenbergen kürzer als im Atlantik, die Wellen aber sind höher.

Auf die Frage, welche Stromgestehungskosten mit dem Wave Dragon zu erwarten sind, gibt sich der Konstrukteur bedeckt. Auf rund acht Cent schätzt er die Kosten je Kilowattstunde für die ersten Anlagen. „Wir erwarten, dass

wir unser Ziel von etwa vier Cent zwischen 2010 bis 2016 erreichen“, so Friis-Madsen.

Zunächst wird der Prototyp zwei Jahre lang an zwei verschiedenen Standorten im Limfjord auf seine Haltbarkeit und sein Verhalten bei bewegter See getestet. Unter anderem dienen die Messungen für den Entwurf eines Computerprogramms, das die Bewegung der Reflektoren und das An- und Abfahren der Turbinen steuert. „Die hier gewonnenen Ergebnisse können wir auf die Bedingungen

in Nordsee und Atlantik umrechnen“, sagt Jens Peter Kofoed vom Forscherteam und weist über die unruhige See im Limfjord. So mancher Segler hat die Rauheit dieses Gewässers schon unterschätzt. Kofoed beschäftigt sich bereits mit dem Wave Dragon, als er noch als Modell von wenigen Metern Durchmesser im Testbecken der Aalborger Universität schwamm.

Rund 60 Meter vor dem Wave Dragon werden die Wellen gemessen. „So wissen wir, welche Wassermenge ankommt und regulieren entsprechend, was durch die Turbinen herausfließt“, erklärt Jens Peter Kofoed. Das Haltebecken hat ein Flutungsniveau von 30 Zentimetern. Wenn alle sechzehn Turbinen bei der späteren Anlage laufen, ist es innerhalb von Sekunden leer. Durch das Anfahren und Stoppen der Turbinen wird der Wasserstand im Becken reguliert. Es soll möglichst nur so viel herausfließen, dass Platz für das Wasser der nächsten Welle ist.

„Die Hauptaufgabe der vergangenen Jahre lag darin, die Konstruktion tauglich für den Offshore-Betrieb zu konzipieren“, erklärt Kofoeds Forscherkollege Lars Christensen. Es gab viele Details zu berücksichtigen: Eine Spezialfarbe auf Siliconbasis soll den Bewuchs mit Muscheln verhindern, Gitter die Turbinen vor der Verunreinigung schützen.

Das Hauptproblem aber ist die Korrosion, vor allem der beweglichen Teile. „Auch deshalb verwenden wir möglichst viele Standardkomponenten, sie können im Wechsel ausgetauscht werden“, erklärt Christensen. Und sie seien preisgünstiger. Dennoch schätzt er die Herstellungskosten für den Prototyp mit einer Leistung von vier MW auf elf Millionen

**Sammelbecken:** Einströmendes Wasser wird gespeichert und treibt die Turbinen an.



„Es funktioniert von der Grundidee wie eine Lagune.“



Erik Friis-Madsen: hat den Wasserdrachen konstruiert.

Euro, zumindest wenn er in Europa gefertigt wird.

Die nicht unerheblichen Kosten kommen nicht von ungefähr. „Die mechanische Bündelung der Wellen führt zu einer zu großen und teuren Konstruktion“, kritisiert Kai-Uwe Graw den Wave Dragon. Der Professor für Wasserbau an der Universität Leipzig ist Spezialist für Wellenkraftwerke. Das weltweite, vom Wind angefachte Auf und Ab der Wellen sei ein riesiges Energiepotenzial. Irland und Großbritannien könnten 50 beziehungsweise 30 Prozent ihres Strombedarfs aus Wellenkraft erzeugen. Doch die Probleme liegen auf der Hand: Wellenenergie ist unstetig, in ihrer Größe nicht steuerbar und sehr große Wellen können die Kraftwerke zerstören. „Eine Riesenwelle tritt vielleicht einmal in zehn Jahren auf, dennoch muss das System darauf ausgelegt

sein“, erklärt Professor Graw. Deshalb sei die Forschung von einer ökonomisch sinnvollen Konstruktion weit entfernt.

Das in Norwegen bereits 1986 gebaute Tapchan-System verbraucht sehr viel Landschaft: Das Becken mit den Turbinen liegt erhöht am Ufer, gespeist durch Wasser von Wellen, die durch einen Kanal gebündelt werden. Viele andere Ideen wurden nie realisiert.

Die Hoffnungen liegen zurzeit auf dem „Limpet 500“, einem in der Uferzone der Hybrideninsel Islay eingelassenen Wellenkraftwerk, das vor zwei Jahren mit einer Leistung von 500 Kilowatt ans Netz gegangen ist. Beim „Limpet 500“ wird durch die Wellen in einem geschlossenen Raum Luft komprimiert und in eine andere Kammer gedrückt, in der sie zwei Windturbinen antreibt. Das System funktioniert aber nur an

Küstenstandorten mit genügend Wellenenergie. „Durch das Rein- und Rauspressen der Luft treffen außerdem sehr unterschiedliche Geschwindigkeiten auf die Turbinen“, erklärt der Leipziger Experte Graw ein weiteres Problem. Dafür würden die Wellen ohne mechanische Hilfe durch den Unterdruck in das System gesogen.

Solche noch ungelösten Fragen können Lars Christensen vom Wave Dragon-Forschungsteam nicht schrecken: „In die Windenergie wurden auch 25 Jahre Forschung gesteckt, heute ist die Fertigung von Anlagen der größte industrielle Sektor Dänemarks.“ Sein Optimismus bekam aber einen Dämpfer: Ein Sturm beschädigte die Reflektoren des Wave Dragon kurz nachdem sie im Hafen von Thyborøn zu Wasser gelassen wurden. Wieder einmal zeigte sich, dass der Limfjord kein einfaches Revier ist. ■

*Text: Klaus Sieg*