

Abs	Neue Energie (7 / 2003)	Der Tagesspiegel (15.11.2003)	Abs
	Wave Dragon <b>Kleiner Drache lernt schwimmen</b> (Klaus Sieg, Fotos: Wolfgang Huppertz)	Klimaschutz & Energie <b>Ein Stahlkrebs reitet auf den Wellen</b> (Klaus Sieg, Foto: Klaus Sieg)	
0	Es kommt noch mehr <b>Bewegung</b> in die <b>Meeresenergie</b> : Nach Schottland testet nun auch Dänemark ein neuartiges Wellenkraftwerk.	Dänische Tüftler versuchen, die unendliche <b>Energie</b> der <b>Meeresbewegungen</b> zur Stromerzeugung zu nutzen. Ihr "Wave Dragon" soll einst eine Spannweite von 260 Metern haben	0
1	Mit 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?	Mit einem lauten Quietschen lässt der Kranwagen den Koloss aus rotem Stahl zu Wasser. Einige Fischer sitzen rauchend am Kai und blinzeln in die Sonne.	1
2	Erik Friis-Madsen läuft nervös auf und ab. „Das ist ein großer Tag für mich“, sagt er.	Erik-Friis Madsen hingegen läuft nervös auf und ab.	
	Fast 16 Jahre hat der dänische Erfinder an dem Wave Dragon, einem neuartigen Wellenkraftwerk, getüftelt.	Fast sechzehn Jahre hat der dänische Erfinder an dem Wave Dragon getüftelt.	
	Nun liegen die beiden so genannten Wellenreflektoren des schwimmenden Kraftwerkes vertäut am Kai des Fischereihafens Thyborøn im Norden Dänemarks.	Nun liegen die beiden 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.	Ein Boot wird sie weiter nach Draget schleppen, einem kleinen Ort am westlichen Limfjord.	
3	Dort wartet die Plattform des Kraftwerkes an dem Steg des nahen Folkecenters, in dem seit über 20 Jahren innovative Energiekonzepte geschmiedet werden.	Dort wartet die Plattform des Kraftwerkes an dem Steg des nahen Folkecenters, in dem seit über zwanzig 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.	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.	2
4	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.	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. Über diese fließt 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.	Bevor es auf das Meeresniveau zurück strömt, treibt es 16 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 handelt sich also nicht um ein Gezeitenkraftwerk, die Wellenenergie dient lediglich zur Füllung des Speichers: Die Schwerkraft treibt dann die Turbine an.	
	„Es funktioniert von der Grundidee wie eine Lagune“, erklärt Konstrukteur Friis-Madsen das einfache System.	"Es funktioniert wie eine Lagune", erklärt Madsen das einfache System.	
5	Nach Schottland wollen jetzt auch die Dänen die Kraft der Wellen energetisch umsetzen (NEUE ENERGIE 5/2003).		

Abs	Neue Energie (7 / 2003)	Der Tagesspiegel (15.11.2003)	Abs
	Um den Wave Dragon Wirklichkeit werden zu lassen, hat die Universität Aalborg europaweit Fachleute eingebunden.	An dem Projekt ist ein internationales Konsortium beteiligt.	3
	Neben britischen, irischen, schwedischen, finnischen und österreichischen Forschern ist auch der Lehrstuhl für Fluidmechanik an der Technischen Universität München daran beteiligt.	Neben britischen, schwedischen, finnischen und österreichischen Forschern ist auch die Technische Universität München daran beteiligt.	
	Dort wurden die Kaplan-Propeller-Turbinen der Pilotanlage entwickelt und zum Teil auch gefertigt.	Dort wurden die Turbinen des Prototyps 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.	Die Kosten bis zum Ende der Testphase betragen 4,3 Millionen Euro, gefördert wird es unter anderem von der EU, der Danish Energy Authority und dem dänischen Stromnetzbetreiber Elkraft Systems.	
6	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.	In der jetzigen Version liefert der Wave Dragon nur rund 20 Kilowatt elektrische Energie. Doch es handelt sich erst um das Modell des Prototyps im Maßstab 1:4,5.	4
	Das künftige Wellenkraftwerk wird 21.750 Tonnen wiegen und eine Spannbreite von 260 Metern aufweisen.	Dieser wird 21 750 Tonnen wiegen und eine Spannbreite von 260 Metern aufweisen.	
	Das Sammelbecken ist 5.000 Kubikmeter groß, bei einer Fallhöhe von drei Metern sollen seine Generatoren vier Megawatt Strom erzeugen.	Das Sammelbecken ist 5000 Kubikmeter groß, bei einer Fallhöhe von drei Metern sollen seine Generatoren vier Megawatt Strom erzeugen.	
		<b>25 Kilometer vor der Küste</b>	
	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.	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.	5
7	„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.	An der Unterseite der Plattform befinden sich mit Druckluft gefüllte Kammern, über die reguliert wird, in welcher Höhe das Kraftwerk im Wasser liegt - angepasst an die jeweilige Wellenlage.	
	Wave Dragons sollen in Parks 25 Kilometer vor der Küste zum Einsatz kommen.	Solche Geräte sollen in Parks 25 Kilometer vor der Küste zum Einsatz kommen.	6
	Unterschiedliche Modelle sollen nach Friis-Madsens Vorstellungen an die jeweiligen Standorte angepasst werden.	Unterschiedliche Modelle können 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.	In der Nordsee etwa sind die Abstände zwischen den Wellenbergen kürzer als im Atlantik, die Wellen aber sind höher.	
8	Auf die Frage, welche Stromgestehungskosten mit dem Wave Dragon zu erwarten sind, gibt sich		

Abs	Neue Energie (7 / 2003)	Der Tagesspiegel (15.11.2003)	Abs
	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.		
9	Zunächst wird der Prototyp zwei Jahre lang an zwei verschiedenen Standorten im Limfjord auf seine Haltbarkeit und sein Verhalten bei bewegter See getestet.	Doch zunächst wird der Wave Dragon zwei Jahre lang an zwei verschiedenen Standorten im Limfjord getestet, auf seine Haltbarkeit und sein Verhalten bei bewegter See.	
	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 beschäftigte sich bereits mit dem Wave Dragon, als er noch als Modell von wenigen Metern Durchmesser im Testbecken der Aalborger Universität schwamm.	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 kabbelige See des Limfjord.	7
10	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 Flutungslevel 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.		
11	„Die Hauptaufgabe der vergangenen Jahre lag darin, die Konstruktion tauglich für den Offshore-Betrieb zu konzipieren“, erklärt Kofoeds Forscherkollege Lars Christensen.	"Die Hauptaufgabe der letzten Jahre lag darin, die Konstruktion für den Offshore-Betrieb tauglich zu machen", sagt Lars Christensen vom Forschungsteam.	
	Es gab viele Details zu berücksichtigen: Eine Spezialfarbe auf Siliconbasis soll den Bewuchs mit Muscheln verhindern,	Es gab viele Details zu berücksichtigen: Eine Spezialfarbe auf Silikonbasis soll den Bewuchs des Dragon mit Muscheln verhindern,	
	Gitter die Turbinen vor der Verunreinigung schützen.	Gitter die Turbinen vor der Verunreinigung mit Müll schützen, der auf dem Meer treibt und in das Wasserbecken gelangen kann.	
12	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.	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 Lars Christensen.	8
	Und sie seien preisgünstiger. Dennoch schätzt er die Herstellungskosten für den Prototyp mit einer Leistung von vier MW auf elf Millionen	Und sie sind preisgünstiger. Dennoch schätzt er die Herstellungskosten für den Vier-Megawatt-Prototyp auf elf Millionen Euro,	

Abs	Neue Energie (7 / 2003)	Der Tagesspiegel (15.11.2003)	Abs
	Euro,		
	zumindest wenn er in Europa gefertigt wird.	zumindest wenn er in Europa gefertigt wird.	
13	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.	"Die mechanische Bündelung der Wellen führt zu einer zu großen und teuren Konstruktion", kritisiert Kai-Uwe Graw deshalb auch den Wave Dragon.	9
	Der Professor für Wasserbau an der Universität Leipzig ist Spezialist für Wellenkraftwerke.	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.	Das weltweite, vom Wind angefachte Auf und Ab der Wellen sei ein riesiges Energiepotenzial. Irland könnte 50 Prozent, England 30 Prozent des Strombedarfs aus Wellenkraft erzeugen.	10
	Doch die Probleme liegen auf der Hand: Wellenenergie ist un stetig, 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.	Doch die Probleme liegen auf der Hand: Wellenenergie ist un stetig, in ihrer Größe nicht steuerbar und sehr große Wellen können die Kraftwerke zerstören. "Eine Riesenwelle tritt vielleicht ein Mal in zehn Jahren auf, dennoch muss das System darauf eingestellt sein", erklärt Kai-Uwe Graw. Deshalb sei die Forschung von einer ökonomisch sinnvollen Konstruktion weit entfernt.	
14	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.	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.	11
	Viele andere Ideen wurden nie realisiert.	Viele Ideen sind nie verwirklicht worden.	
15	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.	Die Hoffnungen liegen zurzeit auf dem "Limpet 500", einem Wellenkraftwerk, eingelassen in der Uferzone der Hebrideninsel Isley. Vor zwei Jahren ging es mit einer Leistung von 500 Kilowatt ans Netz.	12
	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.	Beim Limpet 500 drücken die Wellen in einem geschlossenen Raum Luft zusammen. In eine andere Kammer geleitet, treibt sie zwei Windturbinen an.	
	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.	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", sagt Kai-Uwe Graw - ein weiteres Problem.	
	Dafür würden die Wellen ohne mechanische Hilfe durch den Unterdruck in das System gesogen.	Dafür würden die Wellen ohne mechanische Hilfe durch den Unterdruck in das System gesogen.	
16	Solche noch ungelösten Fragen können Lars Christensen vom Wave Dragon-Forschungsteam nicht schrecken:	Lars Christensen vom Wave Dragon-Forschungsteam ist trotz allem zuversichtlich:	13
	„In die Windenergie wurden auch 25 Jahre Forschung gesteckt, heute ist die Fertigung von Anlagen der größte industrielle Sektor	"In die Windenergie wurden auch 25 Jahre Forschung gesteckt, heute ist die Fertigung von Anlagen der größte industrielle Sektor	

Abs	Neue Energie (7 / 2003)	Der Tagesspiegel (15.11.2003)	Abs
	Dänemarks."	Dänemarks".	
	Sein Optimismus bekam aber einen Dämpfer: Ein Sturm beschädigte die Reflektoren des Wave Dragon kurz nachdem sie im Hafen von Thybonon zu Wasser gelassen wurden. Wieder einmal zeigte sich, dass der Limfjord kein einfaches Revier ist.		