

Abs	taz (22.6.2014)	VDI Nachrichten (18.7.2014)	Abs
	Wasserkraft in Schottland <u>Kraftwerke in tosender See</u> (Bernward Janzing)	Erneuerbare Energien <u>Ein schlechtes Boot als gutes Kraftwerk</u> (Bernward Janzing, Fotos: Jan Oelker)	
		Die schottischen Orkney-Inseln gelten als Hotspot für neue Technologien, die die Kraft des Meerwassers zur Energiegewinnung nutzen sollen. Eine der größten Herausforderungen ist es, die Wellenbewegung selbst zu nutzen.	0
0	Vor den schottischen Orkney-Inseln werden inzwischen drei Arten von Wellenkraftwerken getestet – die jüngste ist der Penguin einer finnischen Firma.	Inzwischen werden vor den Orkneys im Testfeld Billia Croo des European Marine Energy Centre drei Arten von Wellenkraftwerken erprobt.	
1	STROMNESS taz		
	Sanft schaukelt das gelbe Boot im Atlantik, festgetaut vor den Orkney-Inseln auf 59 Grad Nord – eine oft stürmische Region. „Es ist ein schlecht konstruiertes Boot“, hatte David Ingram, Ingenieur an der Universität Edinburgh, zuvor erklärt. Aber in seinen Worten hatte Hochachtung gelegen: „Es ist eine hochinteressante Konstruktion.“ Denn das schwimmende Etwas, 30 Meter lang, 15 Meter breit, ist weniger ein Boot als vielmehr ein Kraftwerk.	Sanft schaukelt das gelbe Boot im Nordatlantik, festgetaut vor den Orkney-Inseln auf 59 Grad Nord – eine oft stürmische Region. "Es ist ein schlecht konstruiertes Boot", hatte David Ingram, Ingenieur an der Universität Edinburgh, zuvor erklärt. Aber in seinen Worten hatte Hochachtung gelegen: "Es ist eine hochinteressante Konstruktion." Denn das schwimmende Etwas, 30 m lang, 15 m breit, ist weniger ein Boot als vielmehr ein Kraftwerk.	1
	Es ist ein Wellenkraftwerk neuer Ausprägung, das derzeit auf dem Testfeld des European Marine Energy Centre (Emec) in Schottland untersucht wird.	Es ist ein Wellenkraftwerk neuer Ausprägung, das derzeit auf dem Testfeld des European Marine Energy Centre (Emec) in Schottland untersucht wird.	
2	Deswegen auch diese Form, die für ein Boot untragbar wäre: unsymmetrisch, ein wenig klobig, keinesfalls schnittig. Aber diese Konstruktion soll eben bei Seegang in eine kreisende Bewegung geraten.	Deswegen auch diese Form, die für ein Boot untragbar wäre: unsymmetrisch, ein wenig klobig, keinesfalls schnittig. Aber dieses Konstrukt soll eben bei Seegang in eine kreisende Bewegung geraten.	2
3	Zwei Meter ragt es aus dem Wasser heraus, sieben Meter geht es in die Tiefe.	2 m ragt es aus dem Wasser heraus, 7 m geht es in die Tiefe.	
	Seine etwas hervorstehende Nase am Bug stand Pate bei der Namensgebung: „Penguin“.	Seine etwas vorstehende Nase am Bug stand Pate bei der Namensgebung: Penguin.	
4	Die Wellen sind an diesem Frühsommertag nur etwa einen Meter hoch, und doch ist das Prinzip gut erkennbar.	Die Wellen sind an diesem Frühsommertag nur etwa 1 m hoch, und doch ist das Prinzip gut erkennbar.	3
	Bug und Heck gehen in der Frequenz der Wellen auf und ab, zugleich neigt sich das Boot regelmäßig nach rechts und nach links – womit sich eine harmonische Kreisbewegung einstellt. Und damit das Kraftwerk nicht abdriftet, ist es mit Seilen an sechs Punkten am Meeresgrund verankert.	Bug und Heck gehen in der Frequenz der Wellen auf und ab, zugleich neigt sich das Boot regelmäßig nach rechts und nach links – womit sich eine harmonische Kreisbewegung einstellt. Und damit das Kraftwerk nicht abdriftet, ist es mit Seilen an sechs Punkten am Meeresgrund verankert.	
	Kein Getriebe, keine Tränen		
5	Was im Inneren des 1.600-Tonnen-Kolosses geschieht, bleibt von außen unsichtbar.	Was im Inneren des 1600-t-Kolosses geschieht, bleibt von außen unsichtbar.	4
	Antti Paakkinen, Chefentwickler der finnischen Firma Wello Oy, erklärt es in seinem Büro in einem alten Schulhaus der Hafenstadt Stromness:	Antti Paakkinen, Chefentwickler der finnischen Firma Wello Oy, erklärt es in seinem Büro in der Hafenstadt Stromness:	

Abs	taz (22.6.2014)	VDI Nachrichten (18.7.2014)	Abs
	Ein exzentrisches Schwungrad im Inneren, 100 Tonnen schwer, nimmt die Drehbewegung des Schwimmkörpers auf. Die Schwungmasse sitzt direkt auf der Generatorachse und treibt sie somit an.	Ein exzentrisches Schwungrad im Inneren, 100 t schwer, nimmt die Drehbewegung des Schwimmkörpers auf. Die Schwungmasse sitzt direkt auf der Generatorachse und treibt sie somit an.	
6	„No gears no tears“ steht auf einem Plakat in Paakkinens Büro, kein Getriebe, keine Tränen.	"No gears, no tears" steht auf einem Plakat in Paakkinens Büro – "kein Getriebe, keine Tränen".	
7	Weil aber die Wellenfrequenz schwankt und so auch die Drehzahl des Generators sich verändert, wird der Strom per Umrichtertechnik auf die geforderte Netzfrequenz gebracht. So ersetzt Elektronik das Getriebe.	Weil aber die Wellenfrequenz schwankt und folglich auch die Drehzahl des Generators sich verändert, wird der Strom per Umrichtertechnik auf die geforderte Netzfrequenz gebracht. So ersetzt Leistungselektronik das Getriebe.	5
8	Auf 500 Kilowatt ist das Kraftwerk ausgelegt, erreicht wurden in der Praxis bisher 180. Aber man sei ja noch ziemlich am Anfang, sagt Paakkinen.	Auf 500 kW ist das Kraftwerk ausgelegt, erreicht wurden in der Praxis bisher 180 kW. Aber man sei ja noch ziemlich am Anfang, sagt Paakkinen.	6
	Manche Frage ist daher noch unbeantwortet – auch jene, was die Kilowattstunde Strom des Penguin eines Tages kosten wird.	Manche Frage ist daher noch unbeantwortet – auch jene, was die Kilowattstunde Strom des Penguin eines Tages kosten wird.	7
9	Nur so viel lässt sich sagen: 3,5 Millionen Euro hat das skandinavische Startup-Unternehmen in den letzten drei Jahren in das Projekt investiert.	Nur so viel lässt sich sagen: 3,5 Mio. € hat das skandinavische Start-up-Unternehmen in den letzten drei Jahren in das Projekt investiert.	
	Erst wurde ein Modell im Maßstab 1:18 getestet, dann eines in 1:8. Inzwischen, sagt der Finne, sei zumindest eines klar: Die Technik überstehe selbst größten Seegang.	Erst wurde ein Modell im Maßstab 1:18 getestet, dann eines in 1:8.	8
	19 Meter hohe Wellen		
10	Und das ist für Konstrukteure von Wellenkraftmaschinen immer schon ein großer Erfolg; schließlich war schon so manches Modell in der Geschichte der jungen Offshoretechnik nach dem ersten großen Sturm schrottreif. Denn bei heftigem Sturm, so wissen die Wissenschaftler, steckt im Wasser 1.000-mal so viel Energie wie an einem Durchschnittstag. Die Technik muss mit beiden Situationen umgehen können.		
11	19 Meter hoch waren die Wellen im vergangenen Jahr auf dem Testfeld vor der westlichen Steilküste des nordschottischen Archipels. Der Penguin ist hier bereits die dritte Wellenkraftmaschine, die der mitunter tosenden See widersteht.	Auf dem Testfeld vor der Steilküste des nordschottischen Archipels ist der Penguin bereits der dritte Typ von Wellenkraftwerken.	
12	Die erste und bekannteste ist die stählerne Seeschlange Pelamis. 180 Meter lang schwimmt sie auf dem Wasser und biegt sich unter dem Einfluss der Wellen.	In Sichtweite liegt die stählerne Seeschlange Pelamis, die in zwei Exemplaren, jeweils 180 m lang, auf dem Wasser schwimmt und sich unter dem Einfluss der Wellen biegt.	
	An den Kuppelstellen der einzelnen Segmente nimmt eine Hydraulik die Energie auf und treibt damit Generatoren an. Die Nennleistung beträgt 750 Kilowatt.	An den Kuppelstellen der fünf Segmente nimmt eine Hydraulik die Energie auf und treibt innen liegende Generatoren. Jede Schlange hat eine Nennleistung von 750 kW.	
	Konkurrenz zum Wind		
13	Die zweite Technik ist die Oyster der Firma Aquamarine Power. Das System basiert auf einer	Und dann gibt es noch die Oyster der Firma Aquamarine Power. Das System basiert auf einer	9

Abs	taz (22.6.2014)	VDI Nachrichten (18.7.2014)	Abs
	<p>stählernen Klappe, die mit einem Gelenk am Meeresgrund befestigt ist und schräg im Wasser steht. Sie ragt während des Betriebs nur knapp aus der See heraus und bewegt sich im Takt der Wellen. Per Hydraulik wird die Bewegungsenergie an Land übertragen, wo Öl mit bis zu 130 bar auf zwei Pelton-turbinen trifft. Zusammen leisten sie 1,3 Megawatt.</p>	<p>stählernen Klappe, die mit einem Gelenk am Meeresgrund befestigt ist und schräg im Wasser steht. Sie ragt während des Betriebs nur knapp aus der See heraus und bewegt sich im Takt der Wellen. Per Hydraulik wird die Bewegungsenergie an Land übertragen, wo Öl mit bis zu 130 bar auf zwei Pelton-turbinen trifft. Zusammen leisten sie 1,3 MW.</p>	
	<p>Ein Schwungrad unterdessen speichert Energie für einige Sekunden, zur Glättung der Wellenfrequenz.</p>	<p>Ein Schwungrad speichert unterdessen Energie für einige Sekunden, zur Glättung der Wellenfrequenz.</p>	
		<p>Eines haben die Anlagen alle gemeinsam: Bevor sie aufs Meer kommen, bevor sie gebaut werden, sind Modellversuche nötig. Schon in diesem Stadium will man in Schottland die Entwickler bestmöglich unterstützen. Daher wurde im Juni an der Universität von Edinburgh ein neuer Wellenkanal eröffnet.</p>	10
		<p>Stuart Brown leitet das Labor auf dem Campus-Gelände im Süden der Stadt. In dem runden Becken mit 25 m Durchmesser können Wellen in jeder nur denkbaren Form erzeugt werden, gleichmäßige und völlig chaotische. Es sei der "weltweit anspruchsvollste Ozean-Simulator", verkündet man stolz in der schottischen Hauptstadt.</p>	11
		<p>Und dann zeigt Brown, was das wissenschaftliche Wellenbad so alles kann: Die Wellen schaukeln sich auf, laufen in der Mitte des Beckens zusammen – und entladen sich dann schlagartig in Form einer eindrucksvollen Fontäne. "Spike-Wave" nennt Brown diese Formation.</p>	12
		<p>168 am Rand angebrachte metallische Platten, hydraulisch bewegbar, jede einzeln vom Computer ansteuerbar, machen das möglich. Das Experiment mit der Fontäne habe allerdings keinerlei wissenschaftlichen Wert, räumt Brown freimütig ein: "Das ist lediglich unser Party-Gag." Aber einer, der beeindruckt.</p>	13
		<p>Normalerweise werden hier einförmige Wellen bis 70 cm Höhe generiert oder auch eine völlig wilde See. Wie in der Natur soll sich das Wasser in dem Bassin bewegen, weshalb sich durch präzise Steuerung der rundum platzierten Impulsgeber auch die Reflexion von Wellen am Beckenrand ausschalten lässt – man erhält damit eine Wellensituation wie auf offener See.</p>	14
		<p>Wellen eben, wie man sie 350 km nördlich antrifft, in den Gewässern rund um die Orkneys. Auf der Hauptinsel des Archipels befindet sich, zwischen Nordatlantik und Nordsee, das Forschungszentrum Emec, untergebracht in einem ehemaligen Schulhaus am Hang oberhalb des Hafens von Stromness. Die britische</p>	15

Abs	taz (22.6.2014)	VDI Nachrichten (18.7.2014)	Abs
		Regierung und die schottische Regionalregierung haben es gemeinsam im Jahr 2003 gegründet.	
		Leiter Neil Kermode empfängt in schmucklosen Räumen, die noch immer den Charme der alten Dorfschule verströmen. Der Mittfünfziger hat eine Vision: "Die Orkney-Inseln sollen für die Wellenkraft werden, was die Stadt Aberdeen heute für das Nordseeöl ist." Also eine ganz große Nummer.	16
		Der Standort hat in der Tat viel an Naturressourcen zu bieten: "Im vergangenen Jahr hatten wir vor den Inseln Wellen bis 19 m Höhe", sagt Kermode.	17
		Da ist die Überlebensfähigkeit der Maschinen die erste große Herausforderung – was im Übrigen für alle guten Standorte gilt. Denn bei heftigem Sturm steckt in den Wellen 1000 Mal so viel Energie wie an einem Durchschnittstag. Die Technik muss mit beiden Situationen umgehen können. Manches Wellenkraftwerk ist daran schon gescheitert.	18
14	Es sind drei Verfahren, wie man sie sich unterschiedlicher kaum vorstellen kann. Und weitere sind absehbar: „Es gibt inzwischen mehr als 400 Patente“, sagt David Ingram, Wellenexperte in Edinburgh.	Vor Orkney liegen nun drei , die den Stürmen widerstanden – und weitere sind absehbar: "Es gibt inzwischen mehr als 400 Patente", sagt David Ingram, einer der Wellenexperten an der Universität Edinburgh.	
	Welche Bauart sich am Ende durchsetzen wird, weiß derzeit noch niemand.	Welche Bauart sich am Ende durchsetzen wird, weiß niemand.	19
	Denn die Antwort hängt an vielen Faktoren: Welche Technik macht den billigsten Strom? Welche erzielt die höchsten Erträge? Welche ist am zuverlässigsten? Wer hat das sinnvollste Wartungskonzept? Und vor allem die Schlüsselfrage beschäftigt jeden Entwickler: Wird man die Offshore-Windkraft eines Tages preislich unterbieten?	Denn die Antwort hängt an vielen Faktoren: Welche Technik macht den billigsten Strom? Welche erzielt die höchsten Erträge? Welche ist am zuverlässigsten? Wer hat das sinnvollste Wartungskonzept? Und vor allem die Schlüsselfrage beschäftigt jeden Entwickler: Wird man die Offshore-Windkraft eines Tages preislich unterbieten?	
15	Dass es noch viel Entwicklungspotenzial gibt, weiß wohl niemand besser als Stephen Salter, emeritierter Professor in Edinburgh, Jahrgang 1938.	Darauf hoffen sie alle, auch Stephen Salter. Er ist emeritierter Professor in Edinburgh, Jahrgang 1938. Kollegen nennen ihn den "Godfather der Wellenkraft".	20
	Schon 1973 begann er als weltweiter Pionier mit der Wellenkraft, ehe diese in den Achtzigern politisch gestoppt und in den Neunzigern auch durch sein Engagement wiederbelebt wurde.	Schon 1973 begann er in diesem Metier, ehe die Erforschung der Wellenkraft in den Achtzigern politisch gestoppt und in den Neunzigern auch durch sein Engagement wiederbelebt wurde. An Salter kommt keiner vorbei, der sich mit Wellenkraft beschäftigt.	
		Er ist ein Professor, wie er im Buche steht: In seinem Arbeitszimmer stapeln sich Bücher und Papiere, zum Schreibtisch ist schwer durchzukommen. Dort immerhin bietet der Forscher einen Bürostuhl an, von dem er stolz anmerkt, er stamme noch vom Erfinder des Zweitaktmotors. Und dann präsentiert der leidenschaftliche Entwickler eine Idee, die ihn	21

Abs	taz (22.6.2014)	VDI Nachrichten (18.7.2014)	Abs
		seit 40 Jahren beschäftigt: seine "Duck".	
		Das sind Schwimmkörper mit birnenförmigem Querschnitt, die in einer Reihe aufgefädelt sind. Die Wellen bringen sie zum Auf- und Abschwingen, wodurch ein Kreiselinstrument im Inneren in Rotation versetzt wird und einen Generator antreibt. Hocheffizient sei diese Technik, sagt Salter. Aber sie wurde auf dem Weg in die Praxis von anderen überholt.	22
	„Wir könnten schon viel weiter sein“, sagt der Mann, den seine Kollegen den „Godfather der Wellenkraft“ nennen, „wir hätten nur kontinuierlich daran arbeiten müssen“. Seine Einschätzung:	Doch das grämt ihn nicht, schließlich hat er auch bei anderen Konzepten der Wellenkraftnutzung erheblich mitgewirkt. Die "Duck" sei eben noch nicht so weit, ihre Zeit werde kommen, sagt er lakonisch. Und überhaupt sei das gesamte Metier ja noch in den Anfängen:	23
	„Die Wellenkraft ist heute dort, wo die Windkraft in den 1970ern stand.“	"Die Wellenkraft ist heute dort, wo die Windkraft in den 1970ern stand."	