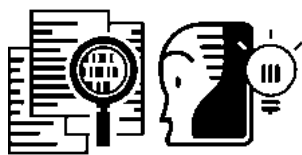


A bis Z



Stau

Deutschlands Autobahnen sind zur Urlaubszeit noch verstopfter als sonst. Hilft ein allgemeines Lkw-Überholverbot?

Für Autofahrer sind sogenannte Elefantenrennen bei Tempo 80 und mehr eines der größten Ärgernisse. Sie sind aber nicht die eigentlichen Auslöser von Staus, sagt der Verkehrsexperte Michael Schreckenberg von der Universität Duisburg-Essen. Solange der Verkehr noch rollt, sei die Kapazität der Straße bei solchen Geschwindigkeiten sogar am größten: Pro Stunde und Fahrbahn könnten dann bis zu 1800 Fahrzeuge passieren. Erst bei noch höherem Aufkommen wird der Verkehr zähfließend. Der kritische Punkt ist erreicht, wenn nur ein einziger Teilnehmer kurzfristig stehenbleibt. Dann setzt sich der Stillstand wie eine Stoßwelle nach hinten fort.

Von einem allgemeinen Lkw-Überholverbot hält Schreckenberg nichts: „Dann bildet sich auf der rechten Spur eine Kolonne, die nur noch dahinkriecht, weil der langsamste das Tempo bestimmt. Da kann sich niemand mehr einfädeln.“ Links würde es aus dem gleichen Grund eng, weil niemand mehr Platz machen könnte. Kilometerlange Überholmanöver zwischen Lastwagen würden schon vermieden, wenn die Fahrer sich darauf verständigen könnten, den anderen auch vorbeizulassen.

Allerdings ist Rücksichtnahme im Verkehr auch unter Pkw-Fahrern wenig verbreitet. „Viele blicken nur nach vorn, aber nicht nach hinten“, sagt Schreckenberg. Knappes Ein- und Ausfahren, heftiges Bremsen oder Beschleunigen, Drängeln auf freier Strecke oder Trödeln im Baustellenbereich – jede einzelne dieser Aktionen schaukelt sich wellenförmig auf und staut weiter hinten zum bekannten „Stau aus dem Nichts“ führen.

Ein harmonischerer Verkehrsfluss ist nach Ansicht der meisten Verkehrsforscher in Zukunft nicht mehr durch Vorschriften, sondern nur durch intelligentere Technik zu erreichen. Tempo- und Abstandsautomaten reagieren bei Staugefahr schon heute angemessener als der Mensch. Arne Kesting und seine Gruppe am Institut für Wirtschaft und Verkehr der Technischen Universität Dresden haben durch Simulationen herausgefunden, dass die Lage sich bereits entspannt, wenn nur zehn Prozent aller Autos damit ausgerüstet sind. Den größten Effekt versprechen sich die Experten allerdings von Fahrzeug- und Leitsystemen, die untereinander kommunizieren. Entgegenkommende Wagen könnten beispielsweise einen Überblick über die Verkehrssituation liefern, die in der Richtung zu erwarten ist, aus der sie kommen. Zentralen könnten solche Informationen bündeln und präzisere Ausweichempfehlungen geben als heute möglich.

Jörg Albrecht

Wellen? Zum Surfen viel zu schade

Meereskraftwerke sollen helfen, die drohende Energiekrise zu vermeiden. Auf den Orkney-Inseln wird untersucht, wie sie sich auf die Tierwelt in ihrer Umgebung auswirken.

VON FANNI ASPETSBERGER

STROMNESS. Mike Cockram steht auf dem Hügel über dem Kliff, das den besten Blick über die Meerenge „Fall of Warness“ bietet. Sie trennt die Inseln Eday und Muckle Green Holm, die zu den Orkneys gehören. Cockram sucht mit dem Fernrohr nach Walen, Seehunden und Seevögeln. Seine Methode ist einfach: regelmäßig einen bestimmten Bereich der Meerenge beobachten und alles notieren. Die pro Jahr gesichteten Wale lassen sich an einer Hand abzählen, die Zahl der Seevögel geht in die Tausende.

Das Unterfangen ist simpel, doch es dient der Hochtechnologie: Die Zählung soll Hinweise darauf liefern, wie sich Gezeitenkraftwerke auf Meeressäuger und -vögel auswirken. Denn einige Meter unter der Wasseroberfläche dreht sich eine Turbine mit sechs Metern Durchmesser im Gezeitenstrom, der in solchen Meerengen beachtliche Geschwindigkeiten erreichen kann. Durch den Fall of Warness rauscht das Wasser zu den Springtiden mit bis zu acht Knoten – mehr als vier Metern pro Sekunde. Nach Angaben des Herstellers OpenHydro produziert die 250-Kilowatt-Turbine insgesamt genug Strom, um 150 Haushalte mit Strom zu versorgen. Allerdings variiert die Menge je nach Monat und Tageszeit stark.

In Stromness, dem mit 2000 Einwohnern zweitgrößten Ort der Orkney-Inseln, befindet sich mit dem öffentlich finanzierten „European Marine Energy Centre“ (Emec) ein weltweit einzigartiges Testzentrum für Unternehmen, welche die regenerative Energie aus dem Meer nutzen wollen. Entwickler aus aller Welt können auf den Orkneys ihre Prototypen für Gezeiten- und Wellenkraftwerke ins Wasser lassen, ans Stromnetz anschließen und einem Praxistest unterziehen.

Ideen, wie man die Energie aus dem Meer nutzen kann, gibt es viele. Sie reichen von Rotoren unter Wasser bis zu bunkerähnlichen Drucklufttürmen. Mal schaukeln Bojen in den Wellen, mal heben und senken sich riesige Tragflügel (siehe Grafik).

„In zehn bis fünfzehn Jahren rechnen wir mit einem substantiellen Beitrag der Meeresenergie für die Stromversorgung“, sagt Edwina Cook vom Emec. Bisher sind nur wenige Gezeitenkraftwerke am Netz. Das erste Wellenkraftwerk ist in der zerklüfteten Küste der westschottischen Insel Islay gemauert und kann bis zu 150 Kilowatt (kW) einspeisen. Das schlangenförmige Wellenkraftwerk „Pelamis“, von dem zu Testzwecken demnächst vier Exemplare mit jeweils 750 kW



Form und Funktionsweise von

Gezeiten- (oben) und Wellenkraftwerken (unten) können sehr unterschiedlich sein. Ihr Zweck ist der gleiche: Strom aus dem Meer zu gewinnen.

Fotos OpenHydro, Pelamis Wave Power



vor der Hauptinsel der Orkneys dümpeln werden, steht in Portugal kurz vor dem ersten kommerziellen Einsatz.

Allerdings nehmen mit dem Interesse der Energiewirtschaft an der Wellen- und Gezeitenenergie auch die kritischen Stimmen zu. Fischer sorgen sich, ihrer besten Fanggründe beraubt zu werden. Surfer fürchten die Energieentnahme aus den Wellen, weil sie dann nichts mehr zu reiten haben könnten. Naturschützer bangen um das Wohl der Meeresfauna – weshalb Mike Cockram am Fall of Warness steht. Er verfolgt im Auftrag des Emec, ob sich Populationen von Meeressäugern durch die getesteten Gezeitenkraftwerke verändern. „Kameras oder Sonarsysteme sind bisher nicht in der Lage, ausreichend klare Bilder über Interaktionen und mögliche Kollisionen zu liefern“, sagt Jennifer Norris vom Emec. Jon Side, Professor am ebenfalls in Stromness ansässigen

Antrieb durch Wellen

Boje
Ein Schwimmkörper bewegt sich mit den Wellen auf und ab oder seitlich hin und her. Er kann sich an der Oberfläche oder unter Wasser befinden.

Bojenreihe
Verbundene Schwimmkörper erzeugen Energie, indem sie sich durch Wellenbewegung aneinander reiben.

Überflutung
Der Wellenkamm flutet ein Becken. Wenn das Wasser im Wellental wieder aus dem Becken fließt, treibt es eine Turbine an.

Druckluftspeicher
Mit den Wellen steigt und sinkt der Wasserspiegel in einem Hohlraum. Die Luft wird herausgedrückt beziehungsweise angesaugt.

Druckdifferenz
Der Wasserdruck schwankt in Abhängigkeit von der Wellenhöhe. Dadurch wird eine am Meeresboden montierte Hydraulikpumpe angetrieben.

Axialrotor
Die Rotorblätter drehen sich im Gezeitenstrom wie bei einem Windrad.

Querstromrotor
Die Rotorblätter drehen sich im Gezeitenstrom wie bei einem Küchenmixer.

Tragfläche
Die Gezeitenströmung hebt und senkt die an einem Schwenkarm montierte Tragfläche wie den Flügel eines Flugzeugs.

Quelle: Emec

F.A.Z.-Grafik Kaiser

International Centre for Island Technology“ (Iciti), beruhigt einerseits: „Meeressäuger sind vermutlich schlau genug, die Turbinen und Generatoren zu umschwimmen.“

Andererseits macht er sich Sorgen um die im Wasser wesentlich unbeweglicheren Seevögel. Um ihnen auf die Spur zu kommen, benutzt er Unterwassermikrofone, denn beim Eintauchen ins Wasser erzeugen die Vögel typische Geräusche. Damit sollen sie eines Tages auf die Art genau bestimmt werden können. Im Augenblick gelingt das nur bei wenigen. Nicht zu überhören ist zum Beispiel das Platzen eines Basstölpels, wenn er mit seiner Flügelspannweite von fast zwei Metern und einer Geschwindigkeit von rund hundert Stundenkilometern ins Wasser rauscht.

Für verlässliche Aussagen über die Umweltauswirkungen der Testkraftwerke ist es noch zu früh. Zu-

dem kann man an einzelnen Prototypen schwerlich die Effekte ganzer Kraftwerksparks untersuchen. „Vermutlich können die Meereskraftwerke der örtlichen Pflanzen- und Tierwelt aber nützen“, sagt Side. „Überfischte Bestände können sich in die wegen der Kraftwerke gesperrten Gebiete zurückziehen und sich erholen.“ Und vorrangig sei bei allen Bedenken eines: „Die Umweltveränderungen durch die Energieentnahme und die durch den Klimawandel überschneiden sich und sind nicht leicht zu trennen.“ Der Klimawandel werde aber deutlich dramatischere Auswirkungen haben. „Die Eingriffe durch regenerative Energiegewinnung sollten daher unsere geringste Sorge sein.“

Die Hoffnungen auf die Kraft des Meeres sind angesichts der drohenden Energiekrise groß. Allein das Potential der Wellenenergie schätzt der Weltenergieatlas (WEC) auf bis zu 2000 Terrawattstunden

pro Jahr, was ungefähr der zurzeit produzierten Menge an Kernenergie entspricht. Die Technologie ist aber noch sehr teuer: Die britische Organisation Carbon Trust schätzt die Kosten der Wellenenergie auf 28 bis 32 Cent pro Kilowattstunde und damit auf ein Vielfaches der Kosten der Windenergie. Zwar soll die Wellenkraft bald günstiger werden, vorerst müsse sie allerdings noch subventioniert werden.

Auch in Deutschland ist die nachhaltige Energie aus dem Meer längst ein Thema. Vor gut zwei Jahren kündigte der drittgrößte Energiekonzern EnBW an, ein Wellenkraftwerk an der deutschen Nordseeküste in Betrieb nehmen zu wollen. Die Standortsuche verlief allerdings erfolglos. Nirgendwo an deutschen Küsten wurden die für einen effektiven Betrieb erforderlichen Wellenhöhen erreicht. Die Aussichten seien „wenig optimistisch“.

Aufgrund der großen Luftströmungen auf der Erde liegen die besten Standorte für Wellenkraftwerke an den Westküsten der Kontinente. Schließlich handelt es sich bei der Wellenenergie im Wesentlichen um nichts anderes als um in Wasserbewegung umgesetzte Windkraft, die durch diese Übertragung sogar einen Vorteil gewinnt: Sie verliert viel von ihrer Wankelmütigkeit und ist verlässlicher vorherzusagen. Mit Hilfe von Satelliten und mathematischen Modellen sind einigermaßen zutreffende Wellenprognosen für etwa fünf Tage im Voraus möglich. Außerdem können sich Wind- und Wellenkraft ergänzen, weil Windräder bei großen Windstärken abgestellt werden müssen – wenn die Wellenkraftwerke erst richtig in Fahrt kommen.

Noch besser vorherzusagen ist die Kraft der Gezeiten. Zwar schwankt auch sie je nach Stellung von Mond und Sonne sowie je nach Windstärke und -richtung. Auf die periodische Wiederkehr von Ebbe und Flut ist aber Verlass, solange der Mond nahe genug um die Erde kreist. Diese Zuverlässigkeit hat die Gezeitenenergie vielen ihrer regenerativen Kollegen voraus. Nicht ohne Grund plant mit Eon der zweitgrößte deutsche Energiekonzern den Bau eines Gezeitenkraftwerks. Dafür gebe es auch schon einen Wunschstandort – vor der Westküste Englands.

Pentland Firth, die Meerenge, welche die Orkneys vom schottischen Festland trennt, sei die größte Ressource für Gezeitenenergie Europas, wenn nicht der Welt, glaubt Jon Side. Nicht umsonst spreche man vom nördlichen Schottland als dem „Saudi-Arabien der Meeresenergie“. Nach Angaben des Emec ließe sich ein Fünftel des britischen Energiebedarfs aus marinen Quellen decken.

Das Entwicklungspotential der Meeresenergie ist also enorm. Und zwar in allen Bereichen, wie Erfolg und Misserfolg am Emec zeigen. Beim ersten Einsatz der Seeschlange „Pelamis“ dauerte alleine die Verkabelung eine Woche. Das dafür benötigte Schiff kostete über 60000 Euro am Tag. Beim zweiten Anlauf wurde die Verkabelungstechnik perfektioniert. Ein deutlich günstigeres Boot brauchte gerade noch vier Stunden.

ELEMENTAR

Neptunium

VON ULF VON RAUCHHAUPT

Nur etwa 100 Grundstoffe bilden die enorme Vielfalt der stofflichen Welt. Einigen begegnen wir fast überall, von anderen hören wir seltener.

Uran und Plutonium haben vielleicht nicht viele Fans, aber wenigstens kennt sie jeder. Auch wenn sie oft in einem Atemzug genannt werden, sind die beiden im Periodensystem keine Nachbarn, sondern flankieren ein weiteres radioaktives Schwermetall weit geringerer Prominenz. Da aber zwischen den Planeten Uranus und Pluto der Neptun liegt, ist wenigstens der Name dieses Elements nicht schwer zu merken.

Neptunium ähnelt seinen beiden Nachbarn in so manchem. Wie Plutonium kommt es in der Natur praktisch nicht vor, sondern entsteht in Kernreaktoren: Eine Tonne abgebrannte Brennelemente enthält gut 500 Gramm Neptunium-237. Das ist deutlich weniger als die 8,5 Kilo Plutonium, was erklärt, warum das Element noch keine so große Presse hatte. Dabei trägt Np-237 mit seiner Halbwertszeit von 2,1 Millionen Jahren dazu bei, dass Atomwüst so lange gefährlich bleibt. Und wie das amerikanische Energieministerium 1992 zugab, lassen sich mit Neptunium durchaus Atombomben bauen.



Neptuniumsalze strahlen nicht nur in bunten Farben. Foto: Andreas Kronenberg

Im Jahr 2002 haben Messungen ergeben, dass die kritische Masse, die man für einen Neptunium-Bombe zusammenbringen müsste, mit etwa 60 Kilo kleiner ist als zuvor gedacht und kaum mehr als bei dem klassischen Bombenstoff U-235. Obwohl nukleare Bösewichte das Neptunium erst mal aus Atommüll abtrennen müssten, macht man sich international nun gewisse Sorgen. Denn inzwischen haben sich erckleckliche Mengen angesammelt.

Bislang aber ist der einzige Nutzen des Neptuniums freudlicher Natur. Durch Bestrahlung mit Neutronen erhält man das (waffenuntaugliche) Plutonium-238, das in Isotopenbatterien als kompakte und über viele Jahrzehnte sprudelnde Energiequelle für Raumsonden zu den äußeren Planeten dient.

Raum zum Forschen bietet das Neptunium allerdings selber noch, und zwar den Chemikern. Zwar wurden schon viele farbenfrohe Verbindungen synthetisiert, etwa das leicht flüchtige blaue Neptuniumhexafluorid, doch das genaue Verhalten der fünf verschiedenen Sorten von Neptunium- und Neptunyl-Ionen in diversen chemischen Umgebungen ist erst zum Teil erforscht. Ganz akademisch ist dergleichen nicht, denn wenn aus dem Endlager Asse jetzt kontaminierte Lauge leckt, dann ist die garantierte auch Neptunium drin.

BILD AM SONNTAG

Wunderwaffe V8

Es lässt sich nicht leugnen, die Größe ist entscheidend. Zumindest für Weibchen,

wie sich die Schwanzflosse der Männchen an der unteren Seite zum typischen Schwert verlängert.



Das Weibchen (Mitte) bevorzugt Männchen mit längerer Schwanzflosse (o.). Ob die Laborkreatur (u.) eine Chance hätte, bleibt fraglich. Foto: Begemann

Durch Transplantationsexperimenten mit Fischen der grünlich gefärbten Art *X. helleri* fanden die Biologen heraus, dass von zwei der insgesamt 30 Flossenstrahlen das Signal zum Längenwachstum ausgeht. Diese beiden Stränge V8 und V9 setzen später den längsten Akzent, doch sie sorgen über noch unbekannte Botenstoffe dafür, dass auch die nahe gelegenen Strahlen über die Schwanzflosse hinauswachsen und so das Schwert bilden.

Im Journal *Evolution & Development* berichten die Forscher jetzt über diese Form der Flossen-Organisation. Der Mechanismus wird im erwachsenen Fisch durch männliche Hormone ausgelöst, muss aber schon sehr früh angelegt sein – selbst Weibchen entwickeln Schwerte, wenn man sie mit Testosteron behandelt. Weitere Studien sollen nun zeigen, welche Gene die Schwanzflosse zum Selektionsmerkmal formen. Sonja Kastilan

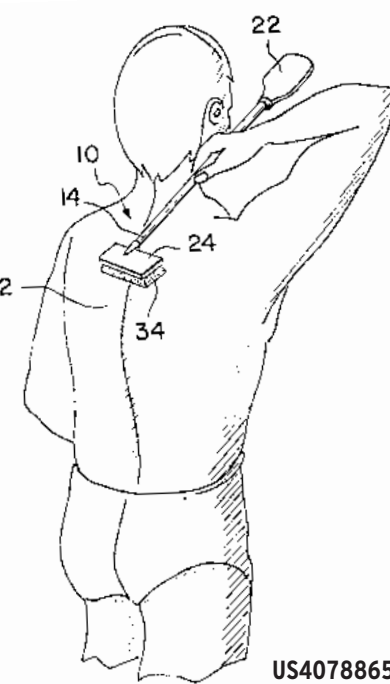
Siebenhunderttausend Erfindungen werden jährlich zum Patent angemeldet. Manche sind genial, andere überflüssig. Und dann gibt es da noch die, auf die wir nie gekommen wären.

Was der Mathematik die Quadratur des Kreises, das ist dem Patentwesen ein Gerät, das Sonnencreme an schwer erreichbare Stellen des menschlichen Körpers, vor allem die Mitte des Rückens, befördert. Patentierte Ideen dafür gibt es Dutzende (US4078865). Der Spender (10) besteht aus einem dünnen Rohr (14), in dessen Gewinde am oberen Ende eine Lotion-Flasche (22) geschraubt wird. Ihr Inhalt soll

FREI ERFUNDEN

Crema auf unserer Haut

VON KLEMENS POLATSCHKE



ans andere Ende des Rohrs zu einer Art Spatel (24) mit Schwamm- oder Tuchbespannung (34) fließen. Damit bringt man ihn dann „auf ein Substrat (12) wie den Rücken des menschlichen Körpers“. Von ähnlicher Durchdachtheit sind die meisten anderen Werke dieser Kategorie. Von einer rollbaren Saunabürste über ein schwenkbares Stummel-Buttermesser bis zur Cremepistole mit Reservoir reichen die Prinzipien. Die Patentämter scheinen hier übrigens ihren Widerstand gegen die unablässige Neuanmeldung bereits geschützter oder gnädig untergegangener Ideen aufgegeben zu haben.

Warum aber konnte sich keines davon einen Weg in die breite An-

wendung bahnen? Ist es so unpraktisch oder peinlich, ein solches Gerät mitzuführen und öffentlich zu benutzen? Würde man eher noch fremde Leute um Eincreme-Dienste bitten oder einen Sonnenbrand riskieren?

Der Grund ist vermutlich banaler. Die langen Gänge des hier gezeigten Apparats werfen ja die Frage auf, den Inhalt wie vieler Cremeflaschen man dort hineinquetschen muss, bis am Ende etwas davon erscheint. Die wenigsten Erfinder befassen sich oben drein mit der Frage, wie man ihr Gerät von den Cremeresten befreien kann. Wie jede Sonnencremetube aber zeigt, verkleben diese Reste binnen kurzer Zeit und würden Röhren, Schwämme, Würtel und Schieber verstopfen, so dass das famose Werk zu Recht rasch in der Mülltonne landen würde. Es führt also nach wie vor kein Weg an menschlichen Einschmierhilfen vorbei.

Kennen Sie ein ähnlich nützliches Patent? Schicken Sie die Patentnummer an Sonntagszeitung@faz.de

US4078865: kein Ersatz für helfende Hände