

Ein Flettner-Rotor, der nicht rotiert

Das Digital-Segel – vorgestellt von seinem Erfinder Peter Ferger

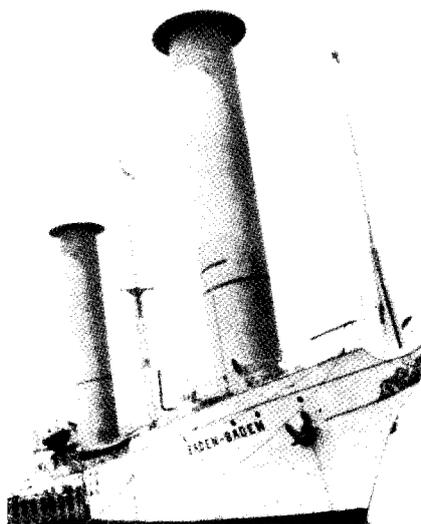
Die Zeit der Segelschiffe ist längst passé. Als energiesparende „Hilfsantriebe“ werden Segel aber auch für große Frachter wieder diskutiert, Versuchsschiffe laufen. Man erinnert sich nicht nur der großflächigen Tuchsegel, sondern auch des bewährten Rotor-Segels von Flettner, mit dem der sogenannte Magnus-Effekt genutzt wird. Die neueste hiervon abgeleitete Entwicklung ist das Turbo-Segel, mit dem Jacques-Yves Cousteau mittlerweile ein zweites seegängiges Frachtschiff ausgerüstet hat. Die Idee zu dem nachfolgend von seinem Erfinder vorgestellten Digital-Segel basiert auf den bisher genutzten physikalischen Effekten, die jedoch auf eine völlig neue Art erzeugt werden. Der Flettner-Rotor wird hier nur noch „virtuell“ bewegt, was zu großen technischen, wirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Vorteilen führt. Eine Einladung an die notleidende Werftindustrie und an alle, die den Wind auf elegante Weise zur Energiegewinnung nutzen möchten.

Die Einsicht, sich mehr den regenerierbaren, keinen Sauerstoff verzehrenden und untoxischen Energiereisourcen zuzuwenden, beginnt in allen großen seefahrenden Nationen wieder mehr in den Vordergrund zu rücken. Schließlich war die Anzahl der Segelfrachter auf den Weltmeeren – wenn auch nur für geringe Tonnagen – immer größer als die der Motorschiffe. Besonders in Japan (Usuki Pioneer), aber auch in Ländern wie USA, England und Deutschland (Dynaschiff nach Prölss) sind verstärkte Anstrengungen erkennbar, die Volkswirtschaft durch neue windsegelunterstützte Schiffe zu entlasten.

So ist es nicht verwunderlich, daß die französische Industrie eine Chance sieht, sich einen technologischen Vorsprung auf See zu sichern, indem sie Jacques-Yves Cousteau mit seinem neuen Zwei-Turbo-Segelschiff „Alcyone“ unterstützt. Cousteau, assistiert von Prof. Lucien Malavard und Bertrand Charrier von der Universität Pierre et Marie Curie in Paris, hat klar erkannt, daß der von Anton Flettner vorgezeichnete Weg, den Wind mit Hilfe des von Heinrich Gustav Magnus entdeckten Effektes in Rotor-Segeln zu nutzen, die größten Vorteile mit sich bringt. Die erfolgreiche Atlantiküberquerung des zweifachen Flettner-Rotor-Schiffes „Buckau“ – der späteren „Baden-Baden“ – mit 900 t Wasserverdrängung im Jahre 1926 bzw. das im Mittelmeer mit dreifachen Flettner-Rotor eingesetzte Linienschiff „Barbara“ mit 3000 t Wasserverdrängung machten dieses einwandfrei deutlich.

In den meisten deutschen Nachschlagewerken findet man allerdings noch die stereotype Wiederholung: „... der Flettner-Rotor hat zwar den Atlantik überquert ...“, wurde aber nicht weiterverfolgt, weil unwirtschaftlich ...“ Im Magazin der VDI-Nachrichten vom März 1985 war ein Flettner-Schiff abgebildet unter der Überschrift „Sackgassen der Technik?“

Tatsache ist, daß es hier wesentlich auf den Standpunkt ankommt, was man als wirtschaftlichen Maßstab annimmt; vom Umweltschutzgesichtspunkt ganz



1926 überquerte Anton Flettner den Atlantik mit dem von ihm entworfenen Rotorsschiff „Baden-Baden“. Das Bild entstammt dem Cousteau-Lesebuch 5 und wurde freundlicherweise vom Verlag Klett-Cotta zur Verfügung gestellt. (Buchhinweis am Schluß des Artikels).

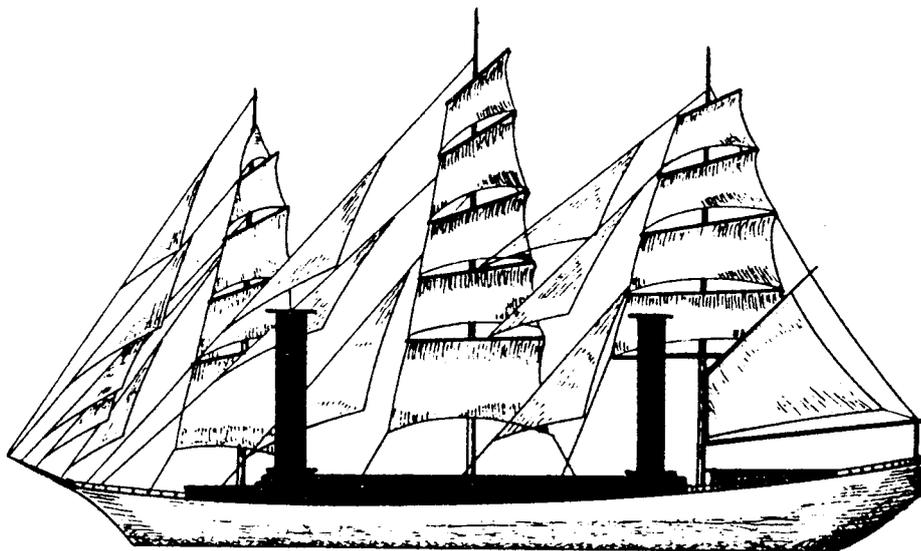
zu schweigen. Bewiesen ist es aber auf jeden Fall, daß das Rotor-Segel nach Flettner eine um den Faktor 10 vergrößerte Winderntefläche, bezogen auf die geometrische Projektionsfläche des Zylinder-Rotors, aufweist. Freilich sind

damit auch Nachteile verbunden, die aber heute vermeidbar sind. Als solche Nachteile erkennen wir:

- das Auftreten störender Kreiselkräfte,
- verbunden mit lästigen Fliehkräften,
- die besonders Unwuchten (Vibrationen) erzeugen und damit
- Festigkeitsprobleme aufwerfen bei der
- einseitigen Krafteinleitung über einen Drehzapfen.
- Desweiteren ist kein schnelles Anlaufen und
- keine schnelle Drehrichtungsumsteuerung des Rotors möglich.

Jacques-Yves Cousteau wußte diese Nachteile weitgehend zu vermeiden. Im November 1983 überquerte er mit seinem ersten, auch nach dem Magnus-Effekt funktionierenden Turbo-Segelschiff „Moulin à Vent I“ den Atlantik. Mitte 1985 lief sein zweites, weiter verbessertes Turbo-Segelschiff „Alcyone“ von La Rochelle zur Atlantiküberquerung aus. Nach den Plänen des Aluminium-Konzerns Cegedur-Pechiney war es von der in Lyon ansässigen Firma Pourprix konstruiert und auf der Werft Société Nouvelle des Ateliers et Chantiers de la Rochelle-Pallice gebaut worden. Ein Frachter von mindestens 5000 t mit zwei Turbo-Segeln von Cegedur-Pechiney ist für die allernächste Zeit geplant. – In diesem Zusammenhang ist es interessant zu wissen, daß das größte Segelschiff, das je vom Stapel lief, die 1911 gebaute „France II“ mit 5806 t war. Aber auch die Chinesen hatten um 1420 bereits eine Dschunke mit 3120 t unter Segeln.

Im folgenden wird das gegenüber dem Flettnerschen Rotor-Segel und auch gegenüber dem Cousteauschen Turbo-Segel verbesserte Digital-Segel vorgestellt. Würde der Vorschlag von der deutschen Industrie aufgegriffen, könnte damit neben der wirtschaftlichen



Würde man die Tuchsegel dieser Dreimastbark durch Digital-Segel ersetzen, böte sich ungefähr dieser Anblick dar.

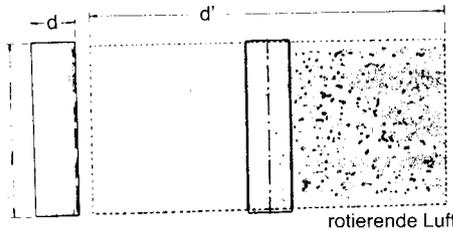
Entlastung im zunehmend wachsenden Freizeitbereich ein umweltfreundliches Zeichen gesetzt werden. Ganz zu schweigen von den sonstigen Möglichkeiten, den Wind zur Energiebereitstellung durch überaus angepaßte Konverter zu nutzen.

Das Digital-Segel erbringt seinen Effekt nicht wie beim Flettner-Rotor dadurch, daß ein vom Wind angeströmter, rotierender Zylinder durch Mitnahme der oberflächennahen Grenzschicht infolge Reibung an seiner „rauen“ Manteloberfläche die Umluft im Kreise mitdrehen läßt. Vielmehr erheben sich auf der Oberfläche eines feststehenden Zylinders – der auch vorteilhafterweise eine vom Kreis abweichende, geschlossene Leitkurve (Grundfläche) haben kann – in regelmäßigen Abständen Bezirke der Erzeugenden (Mantellinien) kurzfristig etwas über ihre normale (Zylinder)-Oberfläche. Diese „Mantellinien-Erhebungen“ bilden quasi Wellenberge und vermögen, wenn nacheinander benachbarte Mantellinien aktiviert werden, gleich einer wandernden Welle fortschreitend umzulaufen. Dadurch werden die oberflächennahen Luftmoleküle gleichsam wellenreitenden Surfern zum Umlauf in die gewünschte Richtung gezwungen.

Diese aktivierbaren Mantellinien-Erhebungen können durch auf die Oberfläche des Zylinders in Form von Mantellinien-Streifen oder -Lamellen aufgebraute piezoelektrische (pyroelektrische) Folien aus Polyvinylidenfluorid (PVDF) erzeugt werden. Die piezoelektrischen Folienstreifen oder Lamellen werden durch heute hinlänglich bekannte elektronische Generatoren ähnlich der Zeilenablenkung in einer Kathodenstrahlröhre nacheinander fortlaufend in der gewünschten Richtung im oder gegen den Uhrzeigersinn aktivierend angesteuert. Ein velourartiger Haarbelag auf der Peripherie der Folienstreifen kann die Wirkung eventuell noch verstärken.

Die Folien unter dem Handelsnamen „Solef“ wurden vom Zentrallaboratorium der Firma Solvic & Cie., Brüssel, entwickelt und werden von den Deutschen Solvay-Werken GmbH, Solingen, in großtechnischem Maßstab (bis 200 m Länge, beispielsweise als Schutz von Schiffskörpern gegen Meeresbewuchs) bereitgestellt.

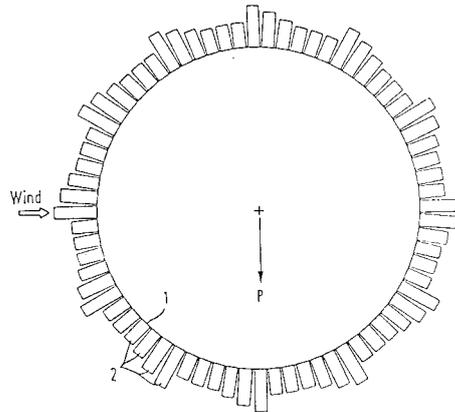
Der gleiche Effekt der Mantellinien-Erhebung kann aber auch durch die Maßänderung von Streifen oder Lamellen aus dem korrosionsfesten magnetostriktiven Material bzw. aus Memory-Legierungen (elektro-thermisch), wie sie die Firmen Krupp in Essen oder Raychem in München anbieten, erzeugt werden. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß auch alle anderen bekannten physikalischen Effekte, die einer fortlaufenden Mantellinien-Erhebung dienlich sind, genutzt werden können. Hierzu zählen beispielsweise längs der Mantellinie angeordnete Schläuche, die pneumatisch aktiviert werden. Ferner parallel in Kunststoff eingebettete (vom Zylinderzentrum weg radial nach außen gesehen), auf der Zylinderman-



Bezogen auf seine Querschnittsfläche entspricht die Winderrtefffläche eines Flettner-Rotors der eines zehnmal so großen Tuchsegels.

telfläche nachbarlich angeordnete Drahtpaare, die sich während eines Stromdurchganges in gleicher Stromdurchflußrichtung voneinander entfernen (spreizen) und so eine Erhebung auf der Oberfläche bewirken, die ihrerseits wieder umlaufen kann.

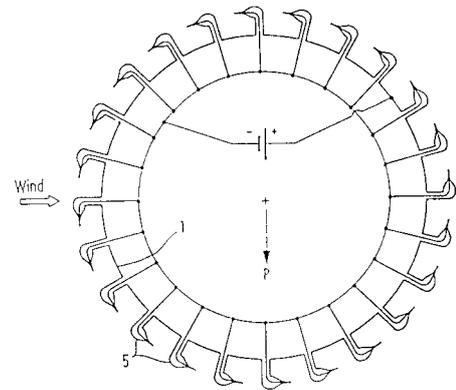
Bei trockenen Winden bietet sich schließlich zur Erzeugung eines rotierenden Luftfeldes nach Magnus bei feststehendem Zylinder noch die Methode des kontinuierlich wirkenden „elektrischen Windes“ an. Hier sind auf der isolierenden Zylindermantelfläche viele kleine, borstenartige – in einer Orientierung längs des Zylinderumfangs gebogene – und sich paarweise gegenüberstehende Elektroden angebracht; die eine Elektrode ist jeweils spitzauslaufend und die Gegenelektrode stumpf. An den Elektroden herrscht ein dauerndes, hohes Spannungspotential.



kann auch seitlich nicht mehr abfließen. Diese Endscheiben erhöhen die Querkraft und somit die Güte des Flettner-Rotors.

Auch bei dem Digital-Segel soll nicht auf den Einsatz dieser Endscheiben verzichtet werden; nur rotieren sie hier ebenso wenig wie der „Rotor“. Die feststehenden Endscheiben sind gleichermaßen mit einer nach der Zylinderachse hin orientierten, eine Erhebung produzierenden piezoelektrischen oder pyroelektrischen oder magnetostriktiven Folie bzw. Lamelle, einer Pneumatik oder einem Parallel-Spreiz-Stromdraht-Paar oder elektrischen Wind-Elektroden in sektorförmiger Anordnung ausgerüstet. Sie erzeugen ein Wanderfeld analog der Umlaufgeschwindigkeit auf der Zylinderoberfläche auch auf den Endscheiben.

Mit dieser schrittweisen – digitalen – Umluftbewegung auf einem feststehenden Zylinder mit festen Endscheiben sind alle Vorteile des Flettner-Rotors gegeben, ohne jedoch dessen Nachteile. Hat ein Flettner-Rotor die zehnfache Quer- oder Auftriebskonstante wie ein Segel, so ergibt das natürlich nicht die zehnfache Leistung. Vielmehr benötigt man bei gleichem Windquerschnitt nur den zehnten Teil der aktiven Auftriebsfläche des Konverters. Das Verhältnis von Materialaufwand zu Leistung wird optimaler. Man kann die Wirkungsfläche des Digital-Segels als eine



Das Digital-Segel ließe sich technisch auf verschiedene Weisen realisieren. Immer kommt es darauf an, Erhebungen der Mantellinie des Flettner-Rotors, der hier nicht mehr rotiert, nacheinander zu aktivieren. Statt des Zylinders rotieren Mantellinien-Erhebungen. Die Vortriebskraft entsteht unter einem Winkel von 90 Grad zur Windanströmrichtung. Das rechte Bild zeigt borstenartige Elektroden am Zylinderumfang, die bei trockener Luft einen „elektrischen Wind“ erzeugen.

Zur Richtungsumkehr müssen die Elektrodenpaarungen Spitze-Stumpf in doppelter, gegensätzlicher Orientierung vorgesehen werden. Die entsprechende Polaritäts- und Elektrodenpaarwahl entspricht dann dem Luftumlaufsinne, hervorgerufen durch den elektrischen Wind, der die Umluft zwingt, um den Zylinder zu rotieren. Der eigentliche, auf den Zylinder auftreffende Nutzwind bewirkt dann die dazu senkrechte Magnus-Kraftwirkung.

Wichtig ist in jedem Fall, daß an beiden Enden des Flettner-Rotors, wie Prandtl klarstellte, eine mitlaufende Endscheibe angebracht wird. Diese Scheiben verhalten sich gegenüber der Windströmung neutral, verhindern aber den Leistungsabfall (seitliche Reibung) der Luft nach den Enden hin; die Luft

unsichtbare (virtuelle) Segelfläche betrachten, deren Materie nicht z.B. aus Dakron, sondern aus einem Luftdruckfeld besteht, das – und das ist auch neu – ohne eine Trägheit berücksichtigen zu müssen, in Sekundenschnelle verändert werden kann. Damit sind eine ideale Regelbarkeit und ein unmittelbares Ansprechen auch auf geringste Windströmungen gegeben. Man halte sich vor Augen, was das bedeutet: Am Segel muß bei schwachen Winden erst einmal das Tuch gebauscht werden – ein (Windmühlen)-Konverter muß bei schwachen Winden erst einmal hochfahren werden.

Hinzu kommt, daß alle Probleme mit der Festigkeit (Krafteinleitung über Drehzapfen) hinfällig werden. Der Zylinder (oder ein vorteilhafterer prismati-

scher Körper mit noch optimalerer Grundfläche) kann leicht, hohl, ausgeschäumt oder in Gitterinnenstruktur aus CFK oder ähnlichem fest angelenkt und wenn nötig abgespannt werden. Es ist möglich, die digitale Umfangsgeschwindigkeit – sollte sich das als günstig herausstellen – auf der Lee- bzw. Luv-Seite unabhängig voneinander zu variieren. Dabei geht jede Anpassung, durch Sensoren veranlaßt, sofort ohne jedes Geräusch und elektronisch vollzogen vorstatten.

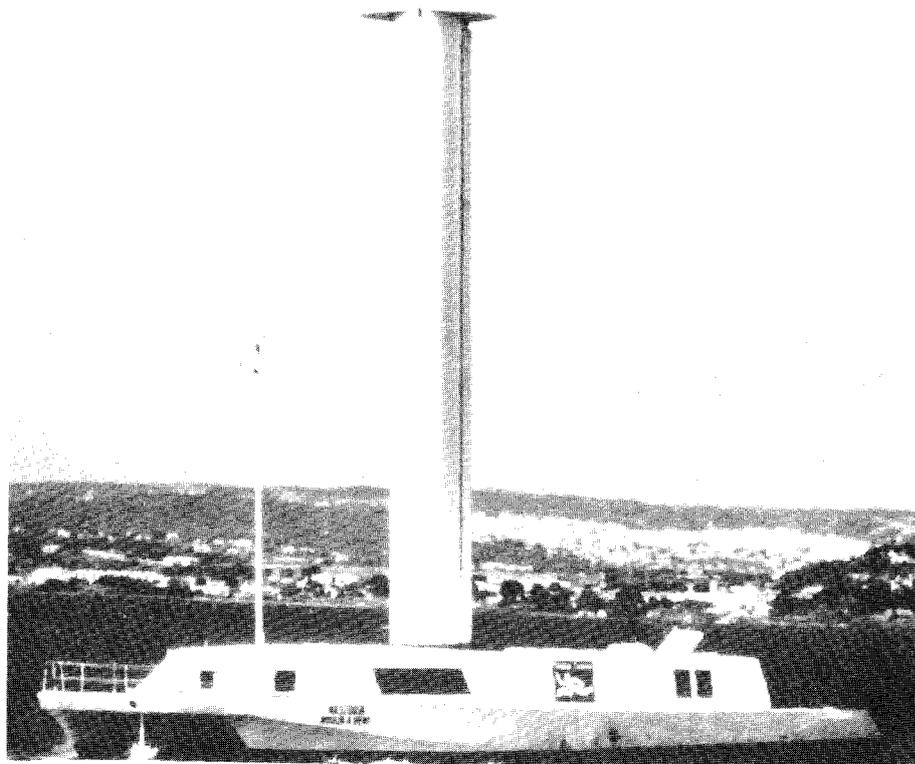
Zusammenfassung

Das Digital-Segel erbringt eine Kraft, die etwa zehnmal so groß ist wie die am flächengleichen Tuchsegel. Das Digital-Segel ist sturm- und böensicher. Man kann sogar den Sturm ausnützen, während ein anderes Segel gerefft werden müßte. Reffen bedeutet beim Digital-Segel aber nur „ausschalten“. Andererseits können bereits geringste Winde genützt werden. Von Sturm bis Windstille ist das Digital-Segel optimal anpaßbar. Da sein Flächenschwerpunkt sehr niedrig über der Wasserlinie liegt, kann bei jeder Schräglage ohne Gefahr gefahren werden; Krängung stellt kein Problem dar. Bei Verwendung von zwei Digital-Segeln kann das Schiff auf der Stelle drehen; das bedeutet Manövrierfähigkeit auf engstem Raum in kürzester Zeit und ohne teure Menschenkraft. Umsteuern der digitalen Umlaufbewegung ermöglicht schlagartig Rückwärtsfahrt. Die Decksaufbauten können gegenüber einer Ausrüstung mit Tuchsegeln freizügiger für Ladegut, Kräne oder auch nur zum Sonnenbaden genutzt werden.

All die hier genannten Vorzüge des Digital-Segels können natürlich gleichermaßen auch für einen windmühlenartigen Konverter zur Energiegewinnung genützt werden. Es würde also ein Windkraft-Nutzgerät entstehen, das sturmsicher und vom geringsten Luftdruck an einsetzbar ist und durch bloße elektronische Regelung gleichsam eine Windkraftübersetzung eingebaut hätte. Wenn man aus der Theorie der Windräder zur Kenntnis nimmt, welche Probleme es aufwirft, zu den Generatoren die entsprechenden Getriebe zu finden und andere Parameter optimal anzupassen, wird klar, daß auch die mit dem Digital-Segel verbundenen wirtschaftlichen Vorteile nahelegen, sich eingehender damit zu befassen.

Literatur

- Felix von König
„Windkraft vom Flettnerrotor“
Udo Pfriemer Verlag, München, 1980
- Heinz Weissenberger
„Der Taucher mit dem Turbo-Segler“
hobby-magazin der technik, Hamburg;
Heft 7 / 1985
- Peter Ferger
„Windkonverter“
Deutsche Patentanmeldung P 36 27
532.8 vom 13. 8. 86



Katamaran „Moulin à Vent“ (Windmühle) von Jaques-Yves Cousteau, dem weltbekannten französischen Meeresforscher. Statt von einem Tuchsegel wird das Schiff von einem Flettner-Rotor überragt, mit dem der Magnusseffekt erzeugt wird. Das Bild entstand im September 1983 vor der Küste von Marseille. dpa-Bild

Es ließen sich noch eine Fülle weiterer Anwendungsmöglichkeiten angeben. So etwa für eine Erscheinung, die 1925 in Göttingen entdeckt wurde, als der Flettner-Rotor in der Aerodynamischen Versuchsanstalt – so alt sind die notwendigen Systemanalysen schon – vermessen wurde: Macht man den Rotor ortsfest, so daß seine Querkraft nicht wirksam werden kann, so hat das zur Folge, daß die anströmende Luft um 90 Grad und mehr abgelenkt wird, ohne dabei merklich an Leistung zu verbrauchen.

Buchhinweis

Das Bild von dem Rotorschiff „Baden-Baden“ auf Seite 11 entstammt dem Band 5 der Cousteau-Umweltlesebücher, deren sieben in einer Kassette zusammengefaßt sind. Sie eignen sich gleichermaßen zum Schmökern und Nachschlagen. Alle Beiträge, abwechslungsreich gemischt, sind leichtverständlich geschrieben und teilweise illustriert. Zahlreiche Querverweise verknüpfen die einzelnen Bände, deren Sach- und Namensregister. Die ersten Bände sind einer Bestandsaufnahme unseres gefährdeten Planeten gewidmet, die letzten drei wollen „Chancen für die Zukunft“ aufzeigen. Dabei wechseln Rückblicke auf Erfindungen und Entdeckungen mit Berichten über neuzeitliche Bemühungen um menschenfreundliche und umweltschonende Techniken einander ab. Die in der Kassette versammelten sieben Bücher dürften jeden inspirieren, der den gesamten irdischen Lebensraum im Auge behalten möchte und allen Menschen eine bewohnbare Welt wünscht. – Preis der Kassette mit zusammen 1500 Seiten: DM 98,-; Verlag: Klett-Cotta.

Dieser Magnus-Umkehr-Effekt ist leider kaum bekannt. In Verbindung mit dem Digital-Segel könnte er in Windkanälen oder auch zur Energiegewinnung in Manteldüsen interessant werden.

Ist das Digital-Segel erst einmal etabliert, würde die Technik des aktiven – digitalen – Fortschreitens einer Oberflächenkontur auch bei Flugzeugen (Luftschiffen) und Wasserfahrzeugen noch nicht abzusehende Anwendungsmöglichkeiten eröffnen.

Nachrichten

Stationen der norwegischen Fernmeldebehörde in unwegsamen und wenig erschlossenen Gebieten sollen über Windmühlen mit Strom versorgt werden. Die Standard Telefon und Kabelfabrik A/S hat zu diesem Zweck eine amerikanische Windkraftanlage, die 3 kW leistet, für norwegische Verhältnisse modifiziert.

Die staatliche türkische Elektrizitätsgesellschaft Türkiye Elektrik Kurumu hat bei einem italienischen Firmenkonsortium einen zweiten Maschinensatz für das geothermische Kraftwerk Kizildere in der ägäischen Provinz Denizli bestellt.

Kraftstoff aus Algen sind für das amerikanische Solar Energy Research Institute (SERI) keine Utopie. Im Jahre 2000 könnte er für 60 bis 85 Dollar je Barrel verfügbar sein. Für die Mikroorganismen würde man lediglich flaches Land, große Mengen an Salzwasser, Sonnenlicht und einen Nährstoff benötigen. Petroleumähnliche Verbindungen ließen sich aus gespeicherten Lipiden gewinnen, heißt es.