



Der Initiator und sein Versuchsträger: Eichinger mit seiner Nautiner auf dem Brombachsee

WASSERSTOFF MARSCH!

*In Franken hat ein Arzt einen revolutionären **BRENNSTOFFZELLENANTRIEB** für Boote erdacht – basierend auf Wasserstoff und frei von schädlichen Emissionen. Die Alternative für geschützte Binnenreviere?*

Es ist das am häufigsten vorkommende Element im Universum. Und an Bord der Nautiner 30i von Rolf Eichinger die treibende Kraft bei Flaute: Wasserstoff. Wie auf Bestellung gibt es am Testtag keinen Wind. Was sonst ärgerlich wäre, ist in diesem Fall hoch willkommen. Denn es geht darum, einen ebenso innovativen wie umweltfreundlichen Antrieb zu erproben. Er hört auf den Namen „Fodiator“ und besteht im Wesentlichen aus einem E-Motor, einer Steuerung, einigen Akkus und einer Brennstoffzelle.

Ab und an röchelt deren Abluftöffnung leise, während sie Wasserstoff in Strom und Wasser umwandelt. Ansonsten schiebt der Treibsatz das Schiff lautlos über den großen Brombachsee. Es ist eine bemerkenswerte stille Revolution, die der Mann an der Pinne da angezettelt hat.

Eichinger, der Vater des Fodiators, ist eigentlich Arzt. Was er sich ausdachte, hat aber mehr mit seinem Hobby zu tun. Er ist, natürlich, Segler. Auf einem Urlaubstörn in Südfrankreich stört ihn der Lärm seines Außenborders. „Das muss auch anders gehen, hab ich mir gedacht. Und wenn man über

E-Antriebe nachdenkt, kommt man recht schnell auf Hybridlösungen, um ausreichende Reichweiten zu erzielen, besonders auf etwas schwereren Schiffen“, berichtet der Franke von seinem Aha-Moment.

Einfach machte er es sich nicht. „Ich wollte ein wirklich umweltfreundliches System. Die Energieerzeugung einfach nur auf ein Kraftwerk zu verlagern oder indirekt mit einem Generator an Bord zu bewerkstelligen kann ja nicht die Lösung sein.“ Folglich sollte das Hybridsystem seinen Strom nicht aus einem Verbrennungsmotor gewinnen. Die Lösung: eine Brennstoffzelle.

TECHNIK IM VERBORGENEN

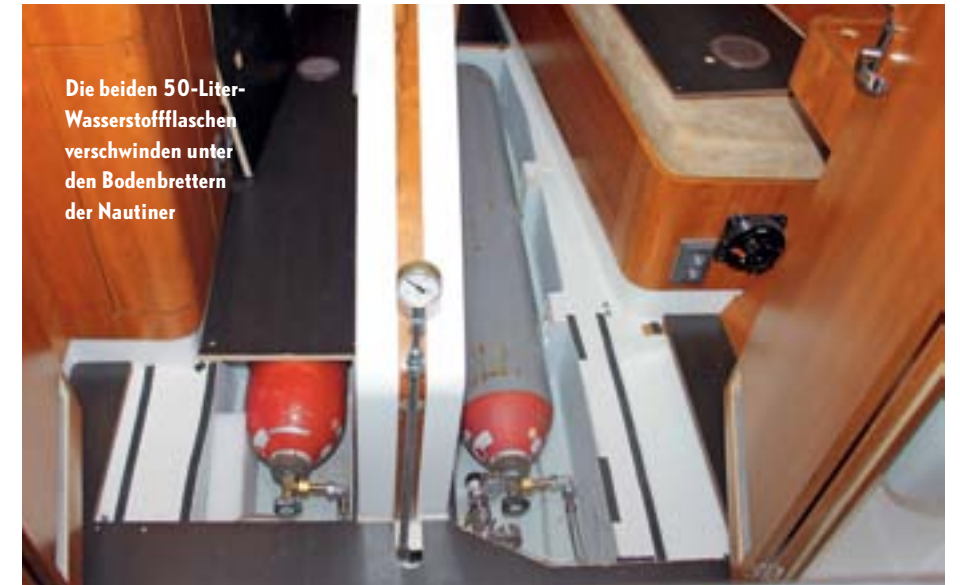
Solche Energiequellen gibt es für Yachten bereits seit Jahren. Die bislang bekannten Zellen liefern jedoch nur recht geringe Erträge, zumindest im Vergleich zu dem, was erforderlich ist, um einen elektrischen Bootsantrieb zu betreiben. Eichinger setzt folglich auf eine Eigenentwicklung.

Als Energieträger verwenden die bisher üblichen Brennstoffzellen für den Bordbetrieb Methanol oder Propan/Butan-Gas. Damit arbeiten sie relativ ineffizient. Denn eine Brennstoffzelle benötigt reinen Wasserstoff. Aus den genannten Energieträgern muss dieser zunächst durch chemische Prozesse innerhalb der Zelle gewonnen werden. Das verbraucht, vereinfacht gesagt, einen Teil der zur Verfügung stehenden Energie. Hinzu kommt, dass Gas oder Methanol eine geringere Energiedichte aufweisen als reiner Wasserstoff. Gemessen am Volumen tragen sie schlicht weniger Leistung in sich.

Um also mittels Brennstoffzelle genügend Energie für einen E-Antrieb zu erzeugen, braucht es reinen Wasserstoff als Energieträger. Doch wie lässt sich der sicher an Bord lagern und verwenden? Wohl jeder erinnert sich noch an den berühmten Knallgasversuch aus dem Chemieunterricht: Vermischt man Wasserstoff mit Sauerstoff, und wird das Gemisch gezündet, kommt es zu einer Explosion. Genau dieser Effekt wurde seinerzeit auch der „Hindenburg“ zum Verhängnis.

„Entscheidend ist die fachgerechte Ausführung der gesamten Anlage von der Flasche bis zur Zelle – genauso wie beim Gas für den Kocher“, beruhigt Eichinger. „Wasserstoff wird in vielen Industriebetrieben auch in großen Mengen eingesetzt, ganz ohne Probleme. Wir haben auf dem Boot zusätzlich mehrere Detektoren verbaut, die schon geringste Konzentrationen von Wasserstoff erkennen und Alarm schlagen.“ Das sei bis jetzt aber noch nicht vorgekommen.

Wasserstoff kann was. Ein Kilogramm enthält theoretisch bis zu 33,3 Kilowattstunden Energie. Zum Vergleich: Die gleiche Menge Benzin trägt nur 12,7 Kilowattstunden in sich. Daher ist es möglich, eine Brennstoffzelle auf einem durchschnittlichen Segelboot unterzubringen, die genügend elektrische Energie liefert, um den Antrieb zu betreiben. Darin genau liegt die Grundidee des Fodiators.



Die beiden 50-Liter-Wasserstoffflaschen verschwinden unter den Bodenbrettern der Nautiner

*Gewiss: Eine **BRENNSTOFFZELLE** an Bord ist nichts Neues. Sie aber mit Wasserstoff zu betreiben und dadurch 2,5 Kilowatt zu erzeugen durchaus. Der **FODIATOR** leistet Pionierarbeit*

HIGHTECH UND BEWÄHRTES



BLACKBOX
Sie sieht unspektakulär aus, ist aber das Herzstück des Fodiators: die 2,5 Kilowatt leistende Brennstoffzelle



ANTRIEB
Der Fünf-Kilowatt-E-Motor von E-Tech ist wassergekühlt. Genug Vortrieb für die 3,1 Tonnen schwere Yacht



ÜBERBLICK
Das Bedienpaneel für Drehzahl und Stromverbrauch. Ein Balken sind 5 Ampere, 820 Touren sind Halblast

Allerdings steigen die Kosten für eine solche Zelle mit deren Größe. Daher hat sich Eichinger entschlossen, auf seinem Prototypen, der zunächst nur die Funktion des Systems beweisen soll, einen Mittelweg zu gehen: „Wir haben festgestellt, dass Segler zumeist nur einen Teil der Leistung abrufen. Daher legen wir die Zelle nicht auf die volle Motorleistung aus, sondern auf die Hälfte des Fünf-Kilowatt-Motors. Natürlich wären

auch 100 Prozent jederzeit möglich, dann allerdings wird die Energiequelle entsprechend teurer.“

Will sagen: Werden einmal mehr als 2,5 Kilowatt vom Motor benötigt, kommt der Rest für kurze Zeit, etwa beim Aufstoppen, aus den 80 Amperestunden großen Bordakkus, die den Motor mit 48 Volt Spannung versorgen und die ohnehin als Puffer zwischen Brennstoffzelle und Motor benö- →

NULL EMISSIONEN

tigt werden. Fragt der Nutzer für den Antrieb weniger als die maximale Leistung der Brennstoffzelle ab, dient der Rest der Kapazität zum Wiederaufladen der Akkus. Im Automobilbereich nennt man das „Range Extender“, die Reichweite wird vergrößert.

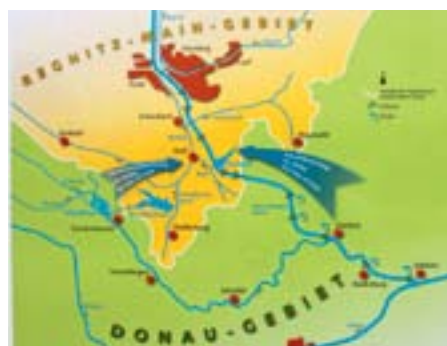
Der „Tank“, wenn man denn so sagen mag, besteht auf der Nautiner aus zwei 50-Liter-Gasflaschen, die jeweils mit 200 oder 300 Bar Druck gefüllt sind. Das ergibt einen Vorrat von 20 000 bis 30 000 Liter Wasserstoff. Die Flaschen sind beidseits des Schwertkastens dort eingebaut, wo sonst der Innenballast liegt. Rund 70 Kilogramm bringt jede auf die Waage, wenn sie voll ist. Nicht eben handlich.

Zumal Wasserstofftankstellen an Seen keinerlei Verbreitung haben. Jedes Nachtanken bedeutet derzeit Flaschen karren. Immerhin: „Wir konnten die Firma Air Liquide gewinnen. Die liefert an jeden Hafen Europas.“ Eine Flaschenfüllung mit 200 Bar reicht bei vier Knoten Marschfahrt für etwa 25 Stunden Betrieb – oder 100 Seemeilen Distanz. Bei fünf Knoten sind es gut 13 Stunden (65 Seemeilen). Werden stattdessen 300-Bar-Behälter verwendet, so erweitert sich die Fahrzeit und Reichweite um etwa 50 Prozent. Diese Werte beziehen sich auf Messungen an Bord der Nautiner 30i auf dem Großen Brombachsee. Sie verändern sich je nach Propellerkonfiguration, Bootsgewicht und Bootsgröße.

Eine Lieferung von zwei 50-Liter-Flaschen mit 300 Bar Fülldruck kostet 140 Euro. Eine Fahrstunde mit vier Knoten Fahrt schlägt demnach mit 3,70 Euro zu Buche. Sie liegt damit auf demselben Niveau wie der Betrieb eines gleich starken Dieselmotors inklusive Wartungskosten.

Anders sieht es bei der Anschaffung aus: Das fertige Fodiator-System kostet inklusive Ladegerät, Steuerung, Wasserstoffüberwachung, Motor, Akkus und Brennstoffzelle 22 000 Euro. Das ist nicht eben wenig, verglichen mit einem üblichen Einbaudiesel, der im entsprechenden Leistungsspektrum rund 10 000 Euro kostet.

Alternativ ließen sich für den Preis auch vier Li-Ion-Akkus mit fünf Kilowatt Kapazität anschaffen. Die sorgen immerhin für knapp zwei Stunden geräuschlose Elektrofahrt bei fünf Knoten Geschwindigkeit – und benötigen keine Gastanks an Bord.



Er ist Trinkwasserspeicher für Nordbayern. Daher sind am Großen Brombachsee VERBENNUNGSMOTOREN VERBOTEN – das ideale Testrevier für den Fodiator

TÜFTLER UND VORDENKER



ROLF EICHINGER

Eigentlich ist er von Beruf Notarzt. Als Segler aber hat er sich der Vision vom emissionslosen Bootsantrieb verschrieben – mit großem Engagement und finanziellem Risiko. Sein Konzept trägt, erste Aufträge liegen vor

Derzeit, räumt Eichinger ein, sei der Fodiator noch recht teuer, da die geringen Stückzahlen zu hohen Kosten bei der Herstellung der Zellen führen. Größere Mengen müssen her, damit das System insgesamt günstiger wird. Ideen dafür gibt es, denn seine Vorteile spielt das Konzept an anderer Stelle aus: Wartungsarm, leise und vor allem abgasfrei kann es auch dort eingesetzt werden, wo Verbrennungsmotoren gar nicht erlaubt sind. Wie am Großen Brombachsee.

Dort gehen die Verantwortlichen sogar noch einen Schritt weiter: Nach der Anfrage Eichingers, ob er auf dem See nicht einige Charterboote mit dem Brennstoffzellenantrieb ausrüsten könne, setzten sofort Überlegungen an, das ohnehin geplante Besucherzentrum mit Gastronomie im Yachthafen ebenfalls durch diese Technologie mit Elektrizität zu versorgen.

Dabei fiel eine Wasserstofftankstelle ab, die die aufwendige Anlieferung der Gasflaschen überflüssig machen würde. „Wird der Wasserstoff dann noch mit Windenergie durch Elektrolyse direkt hier vor Ort gewonnen, haben wir am Brombachsee einen komplett emissionsfreien Bootsantrieb im Einsatz. Das ist meine Vision und wäre eine echte Innovation“, so Eichinger.

Die kann durchaus für viele Reviere sinnvoll sein – vor allem Binnenseen, auf denen Verbrennungsmotoren nicht erlaubt sind. Allerdings sind die oft so kleinflächig, dass der Einsatz reiner E-Antriebe, also nur mit Akkus und Motor, ohne weiteren Stromerzeuger an Bord, völlig ausreicht. Ausnahme: Passagierschiffahrt oder Charterbetrieb. Ist der Fodiator-Antrieb für Segler also überhaupt interessant? Eine Testfahrt soll es zeigen.

Unter Deck gibt sich die Nautiner wie ein normales Segelboot. Dort, wo sonst die Maschine sitzt, teilen sich nun E-Motor, Brennstoffzelle und Ladegerät den Platz. Die Akkus verbergen sich im Schrank der Achterkabine. Von den Gasflaschen sieht man unter den Bodenbrettern ebenfalls nichts. Nur das Manometer, das den Füllstand der Reservoirs anzeigt, deutet auf den ungewöhnlichen Antrieb hin.

Als die Leinen los sind, legt Eichinger den Fahrhebel um. Wie von anderen E-Motoren gewohnt, geht der Antrieb mit viel Wumms zu Werke. Kraftvoll, aber völlig laut-

los schiebt sich das Schiff hinaus auf den bis zu 32 Meter tiefen See. Erst nach einer Weile dann ein Zischen und ein leises Brummen aus dem Schiffsinnen. Die Akkus haben eine Spannungsgrenze erreicht, bei der sich die Brennstoffzelle zuschaltet. Nach kurzem Betrieb öffnet sich eine kleine Klappe im Cockpit, warme Luft strömt aus.

Diese feuchte Abluft ist das einzige Reaktionsprodukt der Umwandlung von Wasserstoff in elektrische Energie. Zum Heizen des Innenraums eignet sie sich wegen des hohen Wassergehaltes nicht, aber, so Eichinger, in Planung sei ein Modell, das die Abwärme in einen Wärmetauscher leitet, der damit Warmwasser erzeugt.

So leise vor sich hin rüchelnd, bewegt sich die Nautiner mit gut vier Knoten über den See und besorgt dem Rudergänger derweil noch warme Füße. Auf der Anzeige des E-Motors lässt sich erkennen, wie viel Amperestunden gen Antrieb fließen. So kann der Skipper Motorleistung und Brennstoffzellenkapazität aufeinander abstimmen.

Zurück im Hafen liefert die Zelle genug Strom, um mittels Umformer elektrisch zu kochen (s. YACHT 06/2013); selbst Heizlüfter oder Klimaanlage ließen sich betreiben. Ein echtes Komfortplus. Bei längerem Nichtgebrauch hält sich das System automatisch betriebsbereit: Sinkt die Spannung der Akkus, lädt die Zelle automatisch nach.

Auch eine Überwachung der Anlage per Smartphone ist möglich und auch nötig: Droht Frost, so muss die Zelle entweder in Betrieb sein oder beheizt werden. Das Wasser in den Kapillaren der Brennstoffzelle könnte gefrieren und diese somit zerstören.

Um das zu verhindern, benötigt sie genügend Gasvorrat. Geht der zur Neige, meldet sich das System per SMS.

Eichinger denkt noch weiter: „In Zukunft ist es vorstellbar, an Bord mittels Solar- oder Windenergie während der Woche durch Elektrolyse den Wasserstoff zu erzeugen und zu speichern, der am Wochenende beim Fahren verbraucht wird. Das wäre dann ein komplett autarkes System ohne jede Emission von Kohlendioxid.“

Doch das ist Zukunftsmusik. Heute bewegt sich der Fodiator preislich leicht über dem Niveau eines seriellen Hybridantriebs gleicher Größe. Und auch der schafft noch nicht so recht den Durchbruch. Kein Wunder: Der Markt denkt Diesel. Zu zuverlässig sind heutige Antriebe, zu ausgereift die Infrastruktur in Form von Tankstellen und Servicebetrieben an Land. Ohne Not erwägt kaum jemand den Umstieg auf Alternativen, zumal wenn diese teurer kommen.

Anzeige

Das genau wäre aber folgerichtig: Bewegen wir uns als Segler doch mitten in der Natur, oft genug auch unter Maschine. Da erscheinen Antriebskonzepte ganz ohne schädliche Emissionen nur konsequent.

Umso wichtiger, dass mit Pilotprojekten wie dem am Brombachsee die Stückzahlen für ebendiese alternativen Systeme steigen und damit deren Preis sinkt. Nur so gewinnt der E-Antrieb aus eigener Kraft an Akzeptanz.

Überzeugung, das weiß man ja, wirkt allemal stärker als staatlicher Eingriff. Dann bedarf es auch keiner Zwänge mehr in Form von Gewässersperrungen für Verbrennungsmotoren, wie teilweise bereits in den Niederlanden angedacht, oder strengerer Abgasnormen, um Wassersportler zum Umstieg zu bewegen. Es wäre eine Entscheidung aus freien Stücken – zum eigenen Nutzen und dem der Umwelt.

Der Erfolg wäre Rolf Eichinger und seinem Projekt zu wünschen. Denn er hat viel Herzblut und Zeit in seine Vision investiert. In diesem Frühjahr werden die ersten Boote mit dem Fodiator ausgerüstet.

ALEXANDER WORMS

TAG DER OFFENEN TÜR am 27. April von 10 bis 16 Uhr in Greifswald, Salinenstraße 22 auf dem Werftgelände der HanseGroup

- Modelle der Marken Dehler, Hanse, Varianta und Fjord
- Kompetente Fachberatung
- Ausstellung attraktiver Gebrauchtsboote aller Größen
- Werftführung durch die modernste Werft Europas
- Großer Yachtausstattungs-Flohmarkt
- Produktpräsentation Simrad & Henri Lloyd



www.come2sea.com

Dehler Hanse VA FJORD

»SEGLER SOLLTEN ÜBER ALTERNATIVE ANTRIEBE NACHDENKEN«