

"WIRTSCHAFTLICHE SEGELSCHIFFE"

V o r t r a g

gehalten am 19. Januar 1960 vor dem Forschungsrat
der Freien und Hansestadt Hamburg

von
Wilhelm Pröls VDI

Herr Präsident, meine Herren!

Man hat mich aufgefordert, Ihnen zusammenhängende Erläuterungen zu dem vorliegenden Forschungsantrag zu geben und ich werde mich bemühen, dies so klar und kurz zu tun, wie Sie das am Ende eines langen Arbeitstages wahrscheinlich wünschen dürfen.

Lohnt es sich überhaupt noch, über Segelschiffe zu sprechen? In einer Zeit, in der sich technische Ausschüsse mit Atomkraftanlagen für Schiffe befassen? Diese Frage hängt hier sicher unausgesprochen im Raum, und es ist notwendig, sie vorab zu beantworten. Allerdings wäre die Frage in dieser Form nicht ganz richtig formuliert: Bei der Bewertung von Energiequellen für die Handelsschifffahrt kommt es ja doch wohl zunächst auf deren Wirtschaftlichkeit an, nicht aber darauf, ob sie mehr oder weniger alt oder neu sind. Die Wirtschaftlichkeit wiederum einer Energiequelle hängt im wesentlichen von drei Faktoren ab: vom verfügbaren Energiegefälle, vom notwendigen technischen Aufwand für die Nutzbarmachung dieses Gefälles und von den Kosten des Energieträgers. Um einen vorläufigen Maßstab zu gewinnen, werden wir die heute bekannten Energiequellen nach diesen Gesichtspunkten kurz unter die Lupe nehmen müssen.

Da sind zunächst die herkömmlichen Brennstoffe wie Kohle und Öl. Das Energiegefälle ist ausgezeichnet; trotzdem ist für die Energieumsetzung ein erheblicher Aufwand notwendig, nämlich mindestens Antriebsmaschine, Wellenlei-

tung, Schraube, Hilfsmaschinen, Bunker, Maschinenraum und vor allem die notwendige Bedienungsmannschaft und die Räume für deren Unterbringung; die Kosten des Energieträgers selbst sind gleichfalls ein beachtlicher Faktor. Es ist also nicht verwunderlich, daß Schiffe mit diesem Antrieb sowohl in der Anschaffung als auch in Betrieb keinesfalls billig sind; trotzdem muß aber dieses Kostenniveau als geltende Norm angesehen und hier mit der Meßzahl 100 bewertet werden, denn so gut wie alle Handelsschiffe laufen heute mit dieser Antriebsart.

Weiter wäre die Kernenergie zu nennen, die ja heute besonders intensiv diskutiert wird. Leider stehen mir aber für Handelsschiffe mit dieser Energiequelle keine fairen Vergleichszahlen zur Verfügung, die ich ausgerechnet Ihnen, meine Herren, vorsetzen möchte. Es werden wohl bei dieser Antriebsart auch zu viele Disziplinen gleichzeitig angesprochen, als daß man schon jetzt endgültige Werte erwarten könnte.

Die dritte mögliche und auch erprobte Energiequelle ist der Wind, eine abgewandelte Form der Sonnenenergie. Das Energiegefälle des Windes ist teils ausgezeichnet, teils mäßig, teils nicht vorhanden; die Verteilung der einzelnen Güteklassen ist geographisch und zum Teil auch jahreszeitlich gegliedert und die geltenden Gesetze sind im wesentlichen bekannt, so daß man auf den einzelnen Routen die zu erwartende Antriebsenergie ausreichend vorausschätzen kann. Der technische Aufwand zur Umsetzung des Energiegefälles in Vortrieb ist speziell Gegenstand der hier zur Diskussion stehenden Untersuchung! Vorab sei hier zusammenfassend gesagt, daß dieser Aufwand nach dem Ergebnis vorläufiger Ermittlungen mäßig zu sein verspricht und nur etwa die Hälfte bis zwei Drittel des Kapitals erfordern dürfte, das für den maschinellen Antrieb eines gleichgroßen Schiffes aufgewendet werden muß. Der Energieträger selbst - Wind - kostet bekanntlich gar nichts.

Es sollte also durchaus reizvoll sein, die Energiequelle Wind so gut wie möglich auszunutzen. Wenn das so ist, meine Herren: wie war es dann möglich, daß nach einer Pe-

riode von einigen tausend Jahren Windantrieb die großen Segelschiffe im Verlaufe von knapp einem halben Jahrhundert von den Weltmeeren verschwanden ?

Die Antwort ist schnell gegeben: Als in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts unsere Großväter sich mit fliegenden Fahnen zu allem bekannten, was damals als Fortschritt der Technik galt, warfen sie in ihrem Enthusiasmus so manches über Bord, was man heute zum Teil mühsam wieder zusammensucht; so zum Beispiel auf dem Gebiet der Biologie und der Architektur. In den Strudel der Folgeerscheinungen dieser Begeisterung gerieten auch die Segelschiffe: die besten technischen Köpfe stürzten sich auf die Entwicklung des reizvoll neuartigen Maschinenantriebes, an den Segelschiffen wurde seit den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts nichts mehr grundlegend verbessert und so ergibt sich das seltsame Bild, daß ausgerechnet in dem Augenblick das große Segelschiff abtreten mußte, in dem die Lehre von den Luftkräften - die Aerodynamik - als Wissenschaft geboren wurde und ihre ersten Erfolge hatte.

Die Gerechtigkeit gebietet allerdings, auch noch etwas anderes festzustellen: Selbst wenn damals grundlegende Erkenntnisse über die Möglichkeit neuer und besserer Bauarten vorgelegen hätten, so wäre es beim damaligen Stand der Technik wohl kaum möglich gewesen, diese Erkenntnisse ausreichend zu realisieren. Zu Beginn unseres Jahrhunderts gab es noch kaum einen brauchbaren Dieselmotor als Hilfskraft, geschweige denn einen kompressorlosen Schnellläufer dieser Art oder gar eine Gasturbine; die Benzinmotoren hatten noch keinen elektrischen Anlasser und Anspringen war Glücksache; Elektrotechnik und Schweißtechnik steckten bezüglich ihrer praktischen Anwendung auf Schiffen noch in den Kinderschuhen, und von Ölhydraulik, Leichtmetall und Kunststoffen träumte man noch nicht einmal. Diese Startbedingungen wären für wirklich umfassende Verbesserungen zu schlecht gewesen! Durch freundliche Vermittlung des Instituts für Schiffbau wurde mir gerade in diesen Tagen noch eine umfangreiche Arbeit von Herrn Professor L a a s der T.H. Berlin-Charlottenburg zugänglich ge-

macht, die aus dem Jahr 1907 stammt und klar erkennen läßt, daß man damals auch schon zum Teil recht beachtliche Erkenntnisse gewonnen hatte, aber ganz einfach nicht die technischen Mittel zu einer Realisierung besaß.

Kommen wir zu unserer eigentlichen Aufgabe: Was war eigentlich an den letzten großen Frachtseglern so schlecht, daß sie sich nicht länger ihr tägliches Brot verdienen konnten? Drei Gründe waren es im wesentlichen: zu hoher Bedarf an Menschen, zu schlechte Manövrierfähigkeit und Reiseleistung, zu kleine und zu schlecht zugängliche Luken.

Der hohe Personalbedarf war bedingt durch die Bedienung jeder einzelnen Spiere und jedes einzelnen Taues von Hand: Für ein Schiff dieser Art mit etwa 8000 tons Tragkraft hätte man beim heute üblichen Drei-Wachen-System mindestens 75 Mann nötig, und mit solchen Personalkosten belastet wäre das Schiff von vornherein zum wirtschaftlichen Untergang verurteilt.

Die mangelnde Manövrierfähigkeit hatte zum Teil die gleiche Ursache: selbst 75 Mann können nicht 300 Taus gleichzeitig bedienen. Dazu kam noch die aerodynamische Unvollkommenheit der herkömmlichen Rah-Takelung. Ein gutes Segel soll ungefähr wie eine gute Flugzeug-Tragfläche arbeiten, und es muß dafür etwa die gleiche Form haben: Schlankes Dreieck, schlankes Trapez oder schlanke Ellipse, stets mit einer Wölbung parallel zum Mast. Sie finden diese Grundform heute als Selbstverständlichkeit bei jedem Sportboot. Die alten Klipper hatten vor rund hundert Jahren noch ungefähr Trapezform der einzelnen Segelgruppen mit einer durchlaufenden Wölbung parallel zum Mast, während die neueren Rah-Schiffe fünfzig Jahre später auf Grund ihrer zunehmenden Größe die Segel so vielfach unterteilen mußten, daß von der aerodynamisch richtigen Form nicht mehr viel übrigblieb. Als Folge dieser Zusammenhänge - die ich Ihnen später noch an Hand einiger Lichtbilder erläutern kann - ergaben sich Reiserzeiten, die heute nicht mehr diskutabel wären.

Die Größe und Bedienbarkeit der Luken litten darunter, daß für die Befestigung der Masten und für die Bedienung der Rahen und der Segel eine solche Menge von stehendem und laufendem Gut notwendig war, daß nur noch wenig Platz für die Luken blieb und gar keiner mehr für modernes Lagergerät.

Was kann man von der konstruktiven Seite her gegen diese drei Hauptschwächen der großen Rahsegler tun? Eine ganze Menge - um nicht zu sagen Alles - und ich will versuchen, das an Hand dieses kleinen Mastmodelles zu erklären.

Sie sehen, es handelt sich um einen Dreibeinmast, leicht und doch stabil aus Rohren zusammengefügt - eine Bauform, die heute überall benutzt wird, wo es gilt, hohe Türme schnell und billig zu bauen. An den Mastbeinen sind die Rahen starr befestigt. Zwischen den Rahen sind die Segel ähnlich wie Gardinen geführt - sowohl oben wie unten - so daß man sie zur Mitte hin zusammenziehen kann; diese Erfindung wurde schon vor rund siebzig Jahren gemacht, hat aber damals wohl nie so richtig funktioniert, weil man die Rahen nicht richtig starr an dem einfachen Pfahlmast befestigen konnte - und auch aus aerodynamischen Gründen. Heute ist es kein technisches Problem mehr, auf diese Art ein Segel von beispielsweise dreihundert Quadratmetern mit einer einzigen kleinen Winde zu setzen und wieder wegzunehmen; die Winde stellt man gleich neben das Segel auf die zugehörige Mastplattform und man treibt sie ölhydraulisch an. Das Brassen der Segel - das Verändern des Anstellwinkels zum Wind - ist bei diesem Mast auch keine grundsätzliche Schwierigkeit: der Mast ist in sich so steif, daß man ihn an Deck auf ein Drehgestell setzen und im ganzen nach Bedarf drehen und wieder festklemmen kann - beides gleichfalls hydraulisch. Damit, meine Herren, sind zunächst einmal die Voraussetzungen geschaffen für eine völlige Abkehr von einer Handbedienung der Segel.

Die starre Befestigung der Rahen an dem stabilen Dreibeinmast hat aber noch einen weiteren Vorteil: man kann den Rahen eine genau berechnete Krümmung geben, die dem ganzen

Segel die aerodynamisch richtige Wölbung verleiht und es dadurch erst zum richtigen Leben erweckt - ohne Rücksicht darauf, wie stark der Wind bläst und aus welcher Richtung er kommt. Das fehlte dem Patent von 1892! Es ergibt sich jetzt eine praktisch von oben bis unten durchlaufende Tragfläche in Form einer großen Turbinenschaufel mit nahezu optimalem Wirkungsgrad und mit entsprechender Vortriebskraft - schon aus diesem primitiven Modell können Sie die Wirkung ahnen - dazu mit der Fähigkeit, so hoch an den Wind zu gehen wie ein Sportboot, also etwa bis auf 45 Grad, während der konventionelle große Rahsegler bei etwa 70 Grad schon am Ende war; dabei wirkt sich auch noch aus, daß der windschlüpfige Bohrmast auch beim Segeln hoch am Wind fast gar nicht bremst. Die höhere Antriebskraft und die Fähigkeit, höher an den Wind zu gehen, ergeben zusammen mit der mechanischen Bedienung und mit der Fernsteuerung von der Brücke aus eine Manövrierfähigkeit solcher Güte, daß man das Schiff innerhalb weniger Minuten auf den anderen Bug legen kann - früher hat das mindestens zwanzig Minuten gedauert mit entsprechendem Fahrtverlust - und daß man mit dem Schiff sogar rückwärts fahren und wenden kann wie mit einem Auto. Diese gewaltigen Vorteile erhöhen den Reisedurchschnitt und die Sicherheit erheblich und machen das Befahren mancher schwierigen Gewässer überhaupt erst möglich.

Wie sieht es nun mit den Luken und den Lademöglichkeiten aus? Sie sehen an dem Modell, daß der stabile Dreibeinmast kein stehendes Gut mehr braucht, und auch kein laufendes Gut außerhalb des Mastes; weiter können die Außenteile der untersten Rah nach oben weggeklappt werden. Dadurch ergibt sich Platz genug für große Luken und für die Bedienung dieser Luken durch moderne Massengutverladeeinrichtungen. Auf diesem Bild hier können Sie die Raumverhältnisse einigermaßen beurteilen.

Damit, meine Herren, wären zunächst die technischen Voraussetzungen für einen mechanisch bedienbaren, aerodynamisch einwandfreien und auch raumtechnisch unkomplizierten Segelantrieb geschaffen.

Ich werde Ihnen aber jetzt doch wohl diese Zusammenhänge an Hand einiger Lichtbilder noch etwas näher erläutern und zum Teil auch vielleicht beweisen müssen.

Bild 1 zeigt die berühmte alte "PREUSSEN", Baujahr etwa 1903. Zwei Dinge können Sie unschwer erkennen: ein solches Schiff braucht viel Personal, und Platz für grosse Luken und für modernes Verladegerät ist bestimmt nicht vorhanden.

Bild 2 zeigt einen schnellen Klipper, die "SPIRIT OF THE AGE". Sie sehen noch die Dreiecks- oder Trapezform der Besegelung und Sie können die aerodynamisch richtige Wölbung parallel zur Achse des Mastes erkennen. Behalten Sie bitte das Bild für einen Augenblick gut im Gedächtnis:

Bild 3 zeigt Ihnen ein um 50 Jahre jüngeres Schiff in genau der gleichen Lage am Wind. Sie sehen, die Segelfläche ist wegen ihrer Größe vielfach unterteilt, daß die einzelnen Segel um ein Vielfaches breiter als hoch sind, die Wölbung läuft nun quer zum Mast, und von einem Tragflächeneffekt kann wohl nicht mehr die Rede sein. Diese neueren großen Rah-Segler waren auch tatsächlich vergleichsweise langsamer als die alten Klipper, sie erreichten nicht die Spitzengeschwindigkeiten, zu denen sie auf Grund ihrer Größe hätten befähigt sein müssen, und ausreichende Reisegeschwindigkeiten - nach damaligen Begriffen - konnten sie nur durch ihre ungeheure Stabilität in schwerem Wetter erzielen.

Die Bilder 4 und 5 zeigen einen Versuch der zwanziger Jahre, der Wölbung parallel zur Mastachse und damit der Aerodynamik wieder zu ihrem Recht zu verhelfen, wonn auch in einer reichlich maschinenbauerischen Form, die eben der Auffassung dieser Jahre entsprach. Ich erwähne diesen Lösungsversuch - den Flettner-Rotor - der Originalität halber; einer praktischen Verwendbarkeit stand eine Reihe schwerwiegender Gründe entgegen.

Bild 6 zeigt Ihnen die neue Lösung mit heute verfügbaren Mitteln: Ein Hochsegel mit durchgehender, gleichmäßiger

Wölbung, und aus

Bild 7 können Sie erkennen, wie beispielsweise die fünf Masten des Schiffes wie eine Reihe von Turbinenschaufeln die Windkraft in Vortrieb umformen können.

Während die beiden letzten Bilder Attrappen aus Holz und Papier zeigten, sehen Sie auf den nun folgenden Bildern ein funktionsfähiges Modell, und zwar den obersten Teil eines Mastes.

Bild 8 läßt die Grundwölbung erkennen, die auch ohne Wind vorhanden ist,

Bilder 9 und 10 die zusätzliche Ausbauchung durch den Wind;

Bild 11 den Mast mit festgemachten Segeln. Auf den Bildern 12, 13 und 14 sehen Sie, wie die Segel beim Setzen wie eine große Gardine an den Rahen hinauslaufen.

Bild 15 und 16 lassen die Proportionen von Mast und Segel deutlich erkennen.

Bild 17 ist besonders interessant. Sie sehen am Windsack, daß der Wind parallel zur Rah einfällt, die Eintrittskante des Segels ist nach der falschen Seite gewölbt, aber schon in der Mitte und erst recht an der Austrittskante des Segels ist die richtige Wölbung wieder hergestellt, womit der Beweis für die korrekte Tragflächenwirkung einwandfrei erbracht ist: Anströmung in Richtung der Fläche ergibt eine Kraft senkrecht der Fläche.

Bild 18 zeigt das Segel nochmals voll gesetzt von vorn, die

Bilder 19, 20 und 21 das Festmachen und

Bild 22 endlich den Mast mit vollkommen festgemachten Segeln.

Es wird Sie vielleicht interessieren, daß man zum Setzen des Segels nur ungefähr 20 Sekunden braucht und zum Festmachen auch nicht länger und daß man sämtliche Segel gleichzeitig bedienen kann. Wo die Antriebskraft dafür herkommt, werde ich später erläutern. Im Augenblick interessiert uns erst einmal, daß diese Möglichkeit einer sofortigen Bergung oder eines sofortigen Setzens der Segel in Gefahrenfällen lebenswichtig für das Schiff sein kann. In diesem Sinne möchte ich Ihnen auch

Bild 23 zeigen: das Schiff mit den fünf Masten von der Seite. Sie sehen, daß nicht nur zwischen den Masten sehr viel freier Raum ist - wichtig für Laden und Löschen - sondern Sie können sich wahrscheinlich auch gut vorstellen, daß ein Schiff dieser Bauweise und mit vierkantgebrassten Masten - deren Rahen also dann quer zum Schiff stehen - daß einem solchen Schiff selbst dann nicht viel passieren kann, wenn in einem Sturm sämtliche Segel gesetzt bleiben, denn die Hauptkräfte wirken ja dank der aerodynamischen Tragflächenform stets in Längsachse des Schiffes und der Querwiderstand liegt in der Größenordnung von nur etwa 15-20% der Hauptkräfte, dürfte also selbst bei orkanartigem Wind nicht ausreichen, um das Schiff zum Kentern zu bringen. Es ist möglich, sämtliche Masten innerhalb einer Minute in diese Stellung zu bringen, und diese Tatsache bedeutet einen weiteren Sicherheitszuwachs für das Schiff.

Weiter wurde mir aus Ihrem Kreise die Kardinalfrage vorgelegt, ob sich denn Masten dieser Kirchturmhöhe wirklich drehbar ausführen lassen und zwar in einer Weise, die auch bei den Bewegungen des Schiffes in rauher See und unter vollem Winddruck noch funktioniert. Unterlagen hierzu habe ich dem Forschungsrat vor längerer Zeit schriftlich vorgelegt und sie besagen im wesentlichen, daß man für Drehverbindungen dieser Art heute mindestens drei brauchbare Lösungsmöglichkeiten hat. Die erste besteht in mittelfreien Wälzlagern von etwa 4 m Durchmesser, die serienmäßig geliefert werden können für Belastungen der hier infragestehenden Größenordnung, nämlich rd. 1000 mt.

Bild 24 zeigt Ihnen ein Bauwerk, in dem ein ähnliches Lager verwendet wird: ein Gross-Radargerät der kanadischen Frühwarnlinie. Das Maschinenhaus ist dreißig Meter lang und fünfzig Tonnen schwer, und der ganze Apparat rotiert ständig, auch in kanadischen Blizzards!

Eine weitere Baumöglichkeit ist ein konischer Pfahlmast mit Radial- und Axiallagern. Beide Lösungen finden Sie des öfteren an Hellingkränen und an ähnlichen Bauwerken.

Eine dritte Lösung wurde von mir zeichnerisch und rechnerisch untersucht, nämlich zwei ineinander gleitende Ringe, von denen der eine am Schiffsrumpf fest ist und der andere - bewegliche - den Mast trägt. Diese Bauweise würde mit den Befestigungsmöglichkeiten und Kräfteverhältnissen am Schiffsrumpf besonders gut harmonieren und würde auch den Herstellungsmöglichkeiten der Werften gut entsprechen. Welche Lösung man endgültig auch wählen mag - der Bau solcher Drehgelenke ist ein mit normalen technischen Mitteln lösbares Problem, und ebenso ist der elektrohydraulische Antrieb eine Routineangelegenheit.

Endlich wurde mir noch die Frage vorgelegt, was einem solchen Segelantrieb unter Vereisungsbedingungen passiert. Vereisung kann durch Spritzwasser verursacht werden oder aus der Atmosphäre kommen. Spritzwasser-Vereisung beeinflusst vor allem die Drehgestelle. Man kann ihr in recht einfacher Weise begegnen dadurch, daß man das Drehgestell auf etwas über Null Grad heizt, z.B. mit Hilfe eines im Innern rundherumlaufenden Rohres, das an einen besonderen Heizungskreislauf angeschlossen ist. Sollte sich allerdings ein dickerer Eispanzer bilden, so hilft nur Loshacken in althergebrachter Weise wie bei jedem anderen Schiff auch. Vereisung aus der Atmosphäre dagegen betrifft hauptsächlich die Segel und die gefährlichste Form ist Eisregen in Form von unterkühltem Wasser. Bis zu einem gewissen Grad wird es möglich sein, dieser Erscheinung durch häufiges Bewegen der Segel zu begegnen, wofür ja erhebliche elektrohydraulische Kräfte verfügbar sind, während früher Segelschiffe solche Gefahrenzustände ohne diese Hilfsmittel durchstehen mußten. Eine weitere und erhebliche Hilfe gegen beide Gefahrenzustände ist die moderne Nachrichtenübermittlung, die es der Schiffsleitung möglich macht, rechtzeitig alle Maßnahmen zur Abwendung von Vereisungsgefahren zu treffen.

Meine Herren, mit diesen Erläuterungen und diesen Bildern glaube ich Ihnen zunächst dargelegt zu haben, daß man die Windkraft auf einem Schiff auch in moderner Weise ausnutzen kann und daß sich dabei erheblich höhere Fahrtge-

schwindigkeit, ausgezeichnete Sicherheit und Manövrierfähigkeit sowie vernünftige Raumverhältnisse an Decke ergeben. Mit einem solchen Segelantrieb und einem dazu passenden Rumpf hat man aber noch kein brauchbares Handelsschiff, sondern es sind noch einige weitere technische Gesichtspunkte abzustimmen und demzufolge hier kurz anzusprechen.

Zunächst ist wichtig die Schiffsgröße. Ein Massengutfrachter soll heute den Größenordnungen entsprechen, die international gefragt sind, also normalerweise etwa 10 - 15000 t d w, weil solche Schiffe die meisten normalen Wasserstraßen und Häfen noch befahren können und trotzdem schon ein günstiges Verhältnis zwischen Personalbedarf und Ladefähigkeit haben. Beim Segler würde dies einer Vermessung von etwa 6000 bis 7500 BRT entsprechen. Weiter soll ein solches Schiff lang sein, damit es ein günstiges Antriebsverhältnis hat, und groß, um auch in schwerem Wetter vollen Vorteil aus dem Windantrieb ziehen zu können. Alle drei Forderungen lassen sich mit Schiffen von etwa 115 - 140 m Länge zwischen den Loten und mit 5 - 6 Masten erreichen, wobei sich Höchstgeschwindigkeiten von mehr als 20 kn ergeben dürften. Den vergleichenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden deshalb zunächst diese Schiffsgrößen zugrundegelegt.

Sicher werden Sie fragen, ob das Schiff einen maschinellen Fahr-Hilfsantrieb bekommen soll. Nach heutigen Begriffen ist er notwendig, nicht so sehr, weil er die Durchschnittsgeschwindigkeit dieses aerodynamischen Schnellseglers noch um 10-15% aufbessern kann, sondern vor allem deswegen, weil mit seiner Hilfe außergewöhnliche Verspätungen zufolge besonders ungünstiger Verhältnisse verhütet werden können; auch beste Schiffe auf gut geeigneten Routen haben ja gelegentlich mit Flaute zu rechnen, die sich teils aus der zyklischen Folge der Tiefdruckgebiete ergeben, teils aus der Notwendigkeit des Durchfahrens von Kalmengürteln. Ein Hilfsantrieb für etwa 7 - 8 kn Geschwindigkeit genügt für das Durchfahren solcher Flaute völlig und man braucht dafür heutzutage keinen schweren

Dieselmotor mehr, der unter Deck stehen muß und Bedienung, Frachtraum und viel Kapital verlangt, sondern es gibt heute geeignete Gasturbinen von etwa 1000-1400 PS, die nicht größer als ein Schreibtisch sind und die man zusammen mit einem Drehstromgenerator in einem Deckshaus unterbringen kann. Die Schraube selbst läßt sich unmittelbar mit einem Elektromotor kuppeln, der stromlinig gekapselt ist und mit Hilfe einer stabilen Auslegergabel nur dann zu Wasser gebracht wird, wenn man ihn braucht. Eine solche Anlage kostet etwa 3% der Gesamtkosten des Schiffes, nimmt einschließlich des zusätzlichen Ölvorrates nicht mehr als etwa 1% der Tragkraft des Schiffes in Anspruch - der Ölverbrauch des Schiffes bleibt im Reisedurchschnitt trotz des nicht sehr hohen Turbinenwirkungsgrades bei 1-1,5 to pro Tag einschließlich Heizung und aller Hilfsmaschinen - und die Schraube bremst nicht beim Segeln und verlangt kein Docken des Schiffes im Reparaturfall. Ich möchte sagen, daß mit diesen technischen Mitteln ein hundert Jahre alter Wunschtraum der Schiffbauer und Nautiker erfüllbar geworden ist.

Ich sprach wiederholt von Hilfsmaschinen. Zum Bedienen der Segel und zum Drehen der Masten ist Energie nötig; sie kann geliefert werden von luftgekühlten Diesel-Generatorsätzen, die auf Knopfdruck anspringen, wenn man sie braucht. Zwei solcher Sätze kosten z.B. bei Deutz betriebsfertig ca. M 50.000.- insgesamt. Sie liefern pro Satz etwa 85 kWh, und diese Leistung reicht auch aus für Ladegeschirr, Ballastpumpen, Ankergeschirr und gegebenenfalls für Heben und Senken des elektrischen Fahrt-Hilfsmotors. Die Generatorsätze brauchen nur in Gang gesetzt zu werden, wenn eine dieser genannten Arbeiten getan werden muß. Dagegen werden nautische Instrumente, Funk und Licht aus einer 24-Volt-Anlage gespeist, die aus zwei kleinen Gleichstrom-Lichtmaschinen und einer entsprechend großen Batterie besteht; diese Anlage versorgt auch noch einige weitere Stromverbraucher, die ich wohl hier nicht im Detail behandeln muß. Das Maschinengeräusch beschränkt sich also normalerweise auf wenige Stunden am Tag, auch der Ölverbrauch ist - wie bereits erwähnt - minimal.

Auch sprach ich bereits von Ballast-Pumpen. Es wird klar sein, daß man ein modernes Segelschiff so bauen wird, daß es genau so mit Wasserballast arbeiten kann, wie jedes andere Schiff auch. Drei Grundlösungen sind möglich: Ballastdecks, wegstaubare Ballast-Tanks aus Gummituch und Selbsttrimmer-Bauweise des Rumpfes. Für alle drei Bauarten liegen ausreichende Unterlagen vor. Die Ballastfahrt braucht also keinesfalls mehr ein Schreckgespenst zu sein, wie das bei Segelschiffen früher üblich war.

Über Lüftung, Heizung und Wohnraum brauche ich wohl nicht viel zu sagen: Elektrischer Strom und Ölheizung sind verfügbar und die Besatzung ist kopfzahlmäßig so klein, daß großzügige Unterbringung jedes einzelnen Mannes oberhalb des Hauptdecks möglich ist - sehr im Gegensatz zu dem, was früher auf manchen Segelschiffen üblich gewesen sein soll.

Endlich muß nochmals erwähnt werden, daß einem modernen Segler selbstverständlich auch moderne Navigationshilfen zur Verfügung stehen: Echolot, Funkpeiler, Radar, Funkwetterkarten - z.B. automatisch nach System Hellfax oder aber auf dem üblichen Funkweg - und anderes mehr. Diese modernen Hilfen sind in ihrer Wirkung gar nicht hoch genug einzuschätzen, nicht nur für die Sicherheit des Schiffes, sondern vor allem auch für den Reisefortschritt; die Schiffsleitung kann die in den Zyklonen steckende Antriebsenergie für guten Reisefortschritt ausnutzen, auch ohne daß der Kapitän ein Hellseher sein muß - selbst wenn man nicht unbedingt an eine positive Wettervorhersage auf See glaubt.

Zusammenfassend und abschließend darf ich, meine Herren, zum technischen Teil meiner Ausführungen nochmals sagen, daß sich also heute ein Segelschiff bauen läßt, das ausreichend groß ist, dabei schnell genug, ganz hervorragend manövrierfähig und sicher, daß dieses Schiff schnell laden und löschen kann, und daß es mit sehr wenig Besatzung auskommt und normale und gesunde Wohnverhältnisse bietet - kurzum ein modernes Schiff und nicht ein Anachronismus.

Nun müssen wir von der Technik umschalten auf das, was die Wirtschaftskreise und die Geldgeber bevorzugt interessiert, nämlich die Wirtschaftlichkeit.

Es liegt klar auf der Hand, daß auch ein modernes und leistungsfähiges Segelschiff keine wirtschaftliche Daseinsberechtigung hat, wenn seine wirtschaftlichen Verhältnisse nicht befriedigend sind. Wir werden hier sehr genau hinsehen müssen.

Zunächst werden Sie fragen, auf welchen Strecken dieser windgetriebene Massengutfrechter eingesetzt werden soll. Interessant sind vor allen die Langstrecken, die beim Motorschiff erheblichen Brennstoffaufwand und hohe Totlast bedeuten würden. Es sind dies z.B. die Nordatlantik-Fahrt, die Südamerika-Fahrt und die Australien-Fahrt; diese Strecken sind besonders gut geeignet und wettermäßig erprobt.

Welche Ladungen kann man dem Schiff geben? Es sind alle Güter geeignet, bei denen ohnehin eine Zwischenlagerung notwendig ist, also Kohle, Getreide, Erz, komplette Maschinenanlagen und ähnliches. Bei diesen Gütern spielt es keine Rolle, wo sie ihre Lagerzeit absolvieren, so daß auch gewisse Unregelmäßigkeiten hinsichtlich der Reisezeit keine nennenswerte Rolle spielen. Es sei nur daran erinnert, daß Weizen üblicherweise nur zweimal im Jahr geerntet werden kann, aber das ganze Jahr gegessen wird.

Passagiere fliegen heute, wenn sie es eilig haben, und wenn sie Zerstreuung suchen, dann fahren sie mit dem großen Liner. Wenn sie aber managerkrank sind und Ruhe suchen, werden sie eine Passage auf dem modernen Segler zu schätzen wissen, denn er ist nahezu frei von Maschinenlärm und Gerüchen und er liegt ruhiger als ein Maschinenschiff gleicher Größe. Ob der Passagierfahrt eine große wirtschaftliche Bedeutung zukommt, sei trotzdem dahingestellt.

Für Ausbildung von seekännischem Nachwuchs ist der moderne Dynasik-Segler mindestens ebenso gut geeignet, wie je-

des Maschinenschiff. Bestimmt sehr gut lernen lassen sich dabei Funk- und Radar-Navigation, Wetterkunde und Einschätzung der Naturkräfte; dagegen wird wohl kaum Gelegenheit sein zu einer Ausbildung gleicher Härte wie auf einem hart geknüppelten Rahsegler. Besonders wichtig ist, daß diese Ausbildung nicht etwa den Frachtbetrieb stört - die Lebensgrundlage des Schiffes! - sondern im Gegenteil das Personalkonto entlastet.

Dies war eine kurze Übersicht über die Verwendungsmöglichkeiten. Wie sieht es nun mit den wirtschaftlichen Ergebnissen aus?

In Vordergrund steht das menschliche Element: der Personalbedarf. Während ein Motorschiff der hier diskutierten Größe etwa 38 Mann braucht - um eine Richtzahl zu nennen - kommt man bei gleichen Ansprüchen beim gleichgroßen Segler mit etwa 25 Mann aus. Das bedeutet gute Unterbringungsmöglichkeiten und niedrige Tageskosten. Wichtig ist auch, daß normale Seeleute genügen, von denen weder artistische Leistungen noch das Ertragen besonderer Strapazen verlangt werden müssen.

Weiter ist wichtig die Reiseleistung. Es sieht nach allem Hin und Her der letzten fünfzehn Jahre so aus, als ob sich die Wirtschaftlichkeit der Massengutfahrt innerhalb der ziemlich engen Grenzen zwischen 10 kn nach unten und 14 kn nach oben abspielt: was darunter liegt, ist zu langsam, und was darüber liegt ist zu teuer; wohlverstanden, ich spreche hier von der effektiven durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit und von Schiffen normaler Größe. Als Ergebnis dieser Erkenntnis baut man heute bevorzugt Massengut-Frachter mit etwa 12 kn Durchschnittsgeschwindigkeit, und es wurde sogar in diesen Wochen ein Schiff von 16 000 t d w mit nur einer Probefahrtgeschwindigkeit von 12 kn von einer Hamburger Werft abgeliefert. Der moderne Segler wird - schlecht gerechnet - mit Sicherheit einen Reisedurchschnitt von 9 kn erzielen, also 75% der Reiseleistung des modernen Motorfrachters. Maßgebend für die Gesamtreisedauer sind aber auch die Hafentage, und die

sind für beide Schiffsgattungen annähernd gleich. Genauere Untersuchungen zeigen, daß damit die Gesamtreiseleistung sich der des Motorfrachters bis auf etwa 85% nähert, also damit auch die Zahl der möglichen Reisen pro Jahr. Zweck des Schiffes ist aber nicht die Reise an sich, sondern die Beförderung von Gütern, und ein Segler kann etwa 15% mehr laden als ein Motorschiff gleicher Vermessungsgröße. Damit wird sein jährliches Transportvermögen etwa gleichgroß oder unter günstigen Umständen sogar größer als das eines Motorschiffes gleicher Vermessung. Diese Zahlenangaben mögen reichlich theoretisch klingen, aber sie wurden erhärtet unter anderem durch eine "Operation paper sail", ein Gegenstück zur "Operation paper jet" der Deutschen Lufthansa: es liefen zwei dieser Dynamik-Segler auf Grund der täglichen Nordatlantik-Wetterkarten und ihrer theoretischen Geschwindigkeitsdiagramme ein Jahr lang auf dem Papier. Bei insgesamt 36 Atlantik-Überquerungen wurde eine Durchschnittspassagezeit von etwa 17 Tagen ermittelt bei einer Streuung von 22 - 23 % nach oben und unten; das sind zwei Tage weniger als die Zeit, die den Wirtschaftlichkeitsberechnungen zugrundegelegt wurde, und dies bei reichlich ungünstigen Annahmen, auf die wir zum Schluß noch zurückkommen werden.

Ein fester Kalkulationsbegriff der Reeder sind die Tageskosten. Uns interessieren hier nicht die absoluten Werte, sondern die relative Staffelung bei bekannten Schiffstypen. Betrachtet man Motorschiff, Liberty-Schiff und Segler, so ist die Staffelung etwa 2900.- zu 2600.- zu 2100.-, bezogen auf gleiche Tragkraft. Als Ergänzung der Tageskosten sind die Kosten für Brennstoff, Segel und laufendes Gut wichtig; ihre Staffelung ist etwa 2 zu 4 zu 1.

Für die Wettbewerbsfähigkeit sind wichtig die Selbstkosten pro beförderte Tonne. Man kann sagen, daß sie nahezu um 1/3 niedriger liegen als beim Motorschiff: der Motortramp hat auf der Welt-Standardfrachtroute Hampton Roads - Continent Selbstkosten von 24 - 26 Mark pro Ton-

ne, während der Segler voraussichtlich bei 17.- bis 19.-M pro Tonne liegen wird, alle Sonderkosten für Schlepper etc. eingerechnet. Das bedeutet, daß der moderne Segler noch Aufträge übernehmen kann, bei denen das Motorschiff eindeutig in den roten Zahlen wäre. Alle diese Zahlen bedeuten weiter, daß der Segler schlechte Zeiten mit einem Geringstmaß an Unkosten überstehen kann.

Ausschlaggebend aber für den Geldgeber ist und bleibt, welche Kapitalverzinsung er erwarten kann. Ich darf Ihnen die Verhältnisse an einem Diagramm erläutern, das wiederum Schiffe gleicher Brutto-Größe vergleicht. Auf der Abszisse sind die Frachtraten in M pro Tonne aufgetragen, und auf der Ordinate der Rohgewinn in Prozent Kapitalverzinsung; es handelt sich um ein echtes Diagramm, d.h. alle Skalen beginnen mit Null. Vergleichen wir Motorfrachter, Liberty-Schiff und Dynamik-Segler! Das Liberty-Schiff fällt aus dem Rahmen insofern, als es mit niedrigem Kapitaldienst, aber hohen Unkosten arbeitet: es hat hohe Kosten pro Tonne und erreicht dadurch gute Verzinsung erst bei sehr hohen Raten, die es zurzeit nicht gibt. Beim Motorschiff sind die Selbstkosten pro Tonne mit 24.- M angesetzt und ein Rohgewinn von 15% - den man wohl in jedem Betrieb bei normaler Kalkulation braucht - wird erst bei einer Frachtrate von fast 40.- M erreicht. Der Segler ist hier verhältnismäßig ungünstig mit 19.- M Selbstkosten angesetzt und erreicht die gleiche Verzinsung von 15% schon bei einer Frachtrate von etwa 32.- M. Weiter sehen Sie eine grüne Linie, die mit etwa 17.- M Selbstkosten beginnt und die 15% Verzinsung etwa bei knapp 30.- M Erlös erreicht. Diese Linie stellt die Ergebnisse dar, die aufgrund der vorhin geschilderten "Operation paper sail" zu erwarten sind.

Meine Herren: Sie werden über diese Zahlen wahrscheinlich staunen, denn niedrige Betriebskosten kann man ja von einem Segelschiff schließlich erwarten, aber ein hoher Kapitalertrag muß überraschen! Und damit kommt die ganze Angelegenheit "Wirtschaftliche Segelschiffe" in ein völlig neues Licht. Alle die Ihnen genannten Zahlen mögen in einzelnen Veränderungen unterliegen, aber sorgfältige

Rechnungen haben gezeigt, daß mit den geschilderten Ergebnissen im Prinzip gerechnet werden kann.

An dieser Stelle muß ich nun wohl noch auf einen besonderen Umstand hinweisen. Alle Ihnen hier genannten Leistungszahlen und wirtschaftlichen Ergebnisse basieren auf einem angenommenen aerodynamischen Vortriebsfaktor von 1,0. Vom Institut für Schiffbau der Hamburger Universität wurde ich jedoch darauf hingewiesen, daß für ein Segel der vorgeschlagenen neuartigen Form ein Vortriebsfaktor von etwa 1,5 erwartet werden könne. Eigene behelfsmäßige Versuche mit einer Komponentenwaage ließen erkennen, daß der Faktor 1,5 als Größenordnung richtig zu sein scheint - wie ja wohl auch nicht anders zu erwarten. Eine Erhöhung des Vortriebsfaktors von 1,0 auf 1,5 würde aber einen weiteren Geschwindigkeitszuwachs um rund 22% bedeuten, also damit den Segler in den Geschwindigkeitsbereich des Motorfrachters bringen. Ein solches Segelschiff - mit der Reisegeschwindigkeit eines Motorschiffes, aber mit geringerem Kapitaldienst, geringeren Tageskosten, geringerem Personalbedarf, fast keinen Treibstoffkosten, aber höherer Tragkraft - würde eine echte wirtschaftliche Sensation darstellen - verzeihen Sie bitte diesen nicht ganz seriösen, aber doch wohl zutreffenden Ausdruck! - die noch über die ohnehin schon sehr günstigen Wirtschaftlichkeitszahlen hinausreicht, die ich Ihnen anhand des Diagramms erläutern konnte.

Fassen wir die Ergebnisse des finanziellen Teiles ganz grob in ein Nutzungsbeispiel zusammen: Wenn der Segler bei gleicher Kapitalverzinsung etwa 10.- M pro Tonne billiger arbeitet als das Motorschiff, so würde man z.B. allein beim Transport des Jahreskohlenbedarfes der Hamburger Gaswerke rd. M 10.000.000.- sparen können, also die ganze für diesen Transport notwendige Flotte von etwa 7 Schiffen in etwa 7 Jahren amortisieren können - ohne Schmälderung des Gewinnes für den Reeder!

Das Segelschiff ist also in der vorgeschlagenen Form sowohl technisch möglich wie auch wirtschaftlich gesund:

das muß die öffentliche Hand interessieren. Weiter liegt es in den Selbstkosten und im Kapitalertrag günstig und ist dabei krisenfest: das sollte sowohl der öffentlichen Hand wie auch der freien Wirtschaft nicht gleichgültig sein.

Meine Herren, es ist Ihnen bekannt, daß es derzeit den Readern wirtschaftlich gar nicht gut geht, und daß auch die großen Werften den kommenden Dingen mit einiger Sorge entgegensehen. Wie kann man sich nun die wirtschaftlichen Vorteile zu Nutze machen, die der Dynamiksegler verspricht? Müssen vorab gewaltige Forschungs- und Versuchskosten investiert werden, und wird man mit einer Anlaufperiode von vielen Jahren rechnen müssen? Der kleine Schlüssel zum Tor ist ein Betrag in Höhe von etwa 0,5% vom Wert des Schiffes, der mit dem vorliegenden Forschungsantrag vorgeschlagen wird. Mit Hilfe dieses Betrages soll ermittelt werden, welche Schubkräfte mit modernen Mitteln erreicht werden können - die Höhe dieser Schubkräfte bedingt die mögliche Reisegeschwindigkeit und damit die wirtschaftliche Realisierbarkeit des Projektes - und es soll - wenn das Ergebnis positiv ist - die günstigste Form und Anordnung der Besegelung endgültig festgelegt werden; man kann sich einem Optimum zwar auch mit Hilfe von Intuition, Berechnung und Glück auf 95% nähern, aber die Wahrscheinlichkeit wäre größer, daß man sich dabei um 50% irrt, und dieses Risiko ist im zwanzigsten Jahrhundert doch wohl nicht mehr notwendig. Zum zeitlichen Ablauf der Dinge wäre zu sagen, daß man für die beantragten Forschungsarbeiten etwa ein halbes Jahr ansetzen muß und weiter etwa eineinhalb Jahre für den Bau des ersten Schiffes, einschließlich aller technologischen Vorversuche, zu denen auch der Probetrieb eines der fünf oder sechs Schiffmasten für die Dauer etwa eines halben Jahres an Land gehört.

Es darf also festgestellt werden, daß man für das Projekt nur ein sehr kleines und eng eingegrenztes Risiko einzugehen braucht, und daß eine Nutzenleistung schon innerhalb eines kurzen und gut übersehbaren Zeitraumes erwartet werden kann.

Meine Herren, wir kommen zum Ende, und ich darf die Ihnen heute Abend vorgetragenen Ergebnisse der bisher angestellten vorläufigen Untersuchungen in fünf Punkte zusammenfassen:

1. Die Windenergie ist auf technisch moderner Basis verwertbar
2. Auf dieser Basis angetriebene Schiffe sind ausreichend schnell und sicher
3. Es ist eine ungewöhnlich gute Wirtschaftlichkeit solcher Schiffe zu erwarten mit gegebenenfalls allen günstigen Auswirkungen für Schiffbau und Schifffahrt insbesondere der Hansestadt Hamburg
4. Die Kosten der notwendigen wissenschaftlichen Untersuchungen sind außerordentlich gering und das Gesamtrisiko des Projektes ist eng einzugrenzen
5. Der Zeitbedarf für den Anlauf des Projektes ist so gering, daß man schon sehr bald mit wirtschaftlichen Erfolgen rechnen kann.

Ich hoffe, daß ich Ihnen ein einigermaßen klares Gesamtbild des Projektes geben konnte, und ich möchte Ihnen, Herr Präsident, meine Herren, für Ihr Interesse und für Ihre Aufmerksamkeit danken!

Es folgt der Umschlag mit Notiz:

