



11 strömungsgünstige Propeller im Test

Gegen den Strom

Ein Festflügelpropeller ist nicht erste Wahl, wenn man das letzte Quäntchen Geschwindigkeit aus der Yacht herausholen möchte. Der Strömungswiderstand ist im Vergleich zu Falt- oder Drehflügelpropellern deutlich höher. Wie groß dieser Unterschied tatsächlich ist und was die strömungsoptimierten Flügel bei Hafenmanövern leisten können, hat *segeln* für Sie in der Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam herausgefunden

Text und Fotos: Gerald Sinschek



Ein Segelboot ist ein Segelboot, zwei Segelboote sind eine Regatta. Und wenn der „Gegner“ trotz vergleichbarer Yachten langsam aber sicher davonzieht, kann der Grund hierfür unter der Wasseroberfläche liegen. Vielleicht hängt unter der schnelleren Yacht ein strömungsgünstiger faltpropeller, der den kleinen aber deutlichen Unterschied ausmacht.

Wer nämlich mit einem freidrehenden festpropeller unter dem Rumpf umhersegelt, kann auch eine große Pütz hinter sich her schleppen. So stark ist der Widerstand, den der Propeller aufweist! Wer seinen Prop laut Motorenhersteller sogar blockieren sollte, könnte ebenso gut noch einen zweiten Eimer über Bord werfen.

Das zumindest ergaben unsere Widerstandsmessungen im Schleppkanal der Schiffbau-Versuchsanstalt in Potsdam (SVA Potsdam) in einem der aufwändigsten Tests dieser Art, die es je gegeben hat. In Potsdam haben wir versucht, einem vieldiskutierten Thema auf den Grund zu gehen: Wie viel geringer ist der Widerstand eines zweiflügeligen falt- oder Drehflügelpropellers im Vergleich zu seinem festflügeligen Pendant? Und wie sieht der Vergleich moderner falt- und Drehflügel bei Marschfahrt oder Hafenmanövern aus, wenn es auf schnell zur Verfügung stehende Schubkraft vor oder zurück ankommt, um die Stegkante nicht doch noch zu touchieren?

Testkonfiguration und Propellertypen

Fünf Standard-faltpropeller, ein automatischer Verstellpropeller und drei Drehflügel-Schrauben standen auf dem Testprogramm. Zum Vergleich ließen wir einen zweiflügeligen festpropeller von Volvo mitrotieren, einen „Racing-faltpropeller“, der sich durch be-

sonders geringen Widerstand auszeichnen soll, sowie eine dreiflügelige Drehschraube. Durchmesser und Steigung wurden anhand einer von uns vorgegebenen Yachtkonfiguration von den Propeller-Herstellern selbst bestimmt.

Die Vorgabe lautete, für eine Bavaria 34 Cruiser mit dem Volvo-Motor D1-20 und Saildrive 130S einen passenden Flügel auszuwählen, der unter Berücksichtigung der von Motor, Getriebe und Saildrive vorgegebenen Werte dem Optimum

der Fahrleistungen möglichst nahe kommt. So sollten etwa 7,6 Knoten bei voller Fahrt voraus bei höchstens 3200 U/Min. (der Maximaldrehzahl des Motors) anliegen.

Außerdem haben wir den maximal erreichbaren Standschub (vor und zurück) und die dafür benötigten Drehzahlen gemessen. Dieser so genannte Pfahlzug-Test lässt Rückschlüsse auf das Manövrierverhalten des Propellers zu. Je mehr Schub ein Propeller erzeugt, desto schneller beschleunigt die

Yacht oder kommt wieder zum Stillstand. Für Hafenmanöver ist das ein wichtiges Kriterium.

Das Hauptaugenmerk bei unseren Testläufen in dem 280 Meter langen Becken der SVA lag jedoch auf den Schleppwiderstandsmessungen. Schließlich werden die mechanischen Kunstwerke nur zu dem einem Zweck gefertigt, Segelyachten schneller zu machen, sobald die Maschine ausgeschaltet ist. Die Flügel der faltpropeller öffnen sich unter Maschinenantrieb durch die entstehende Flieh-

So haben wir getestet



Neben den Propellern war eine Videokamera installiert, die das Verhalten unter Wasser aufzeichnete



Über 40 Seiten Untersuchungsbericht, zwei Wochen Datenarbeit an der Schiffbauversuchsanstalt



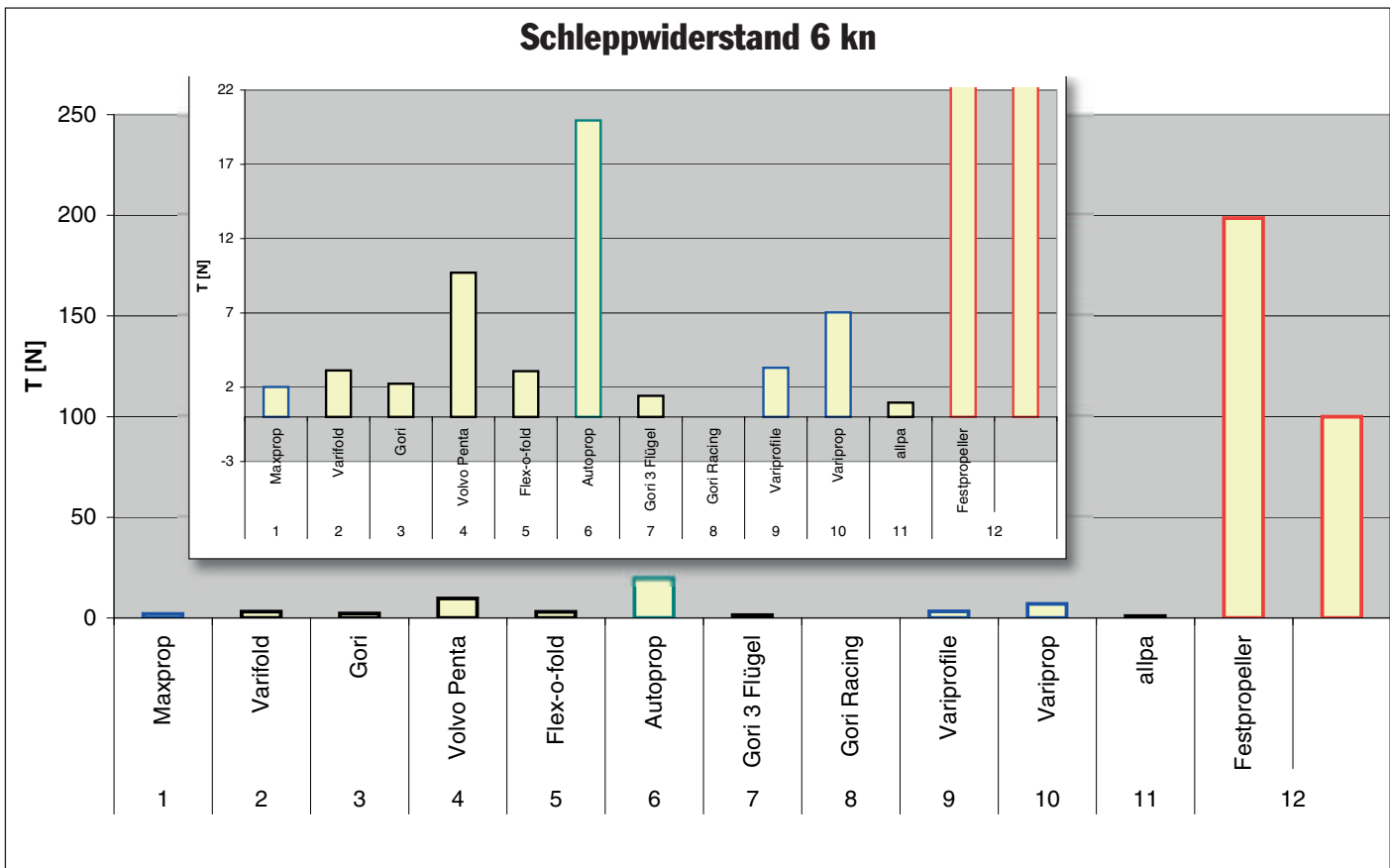
Zwei Tage lang sind wir mit dem gewaltigen Schleppwagen der Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam immer wieder über dem Schleppbecken hin- und hergefahren, um die Messwerte (Schleppwiderstand, Pfahlzug vorwärts/rückwärts und Leistung bei Marsch- und voller Fahrt) zu erhalten.

Der Schleppwiderstand der falt- und Drehflügelpropeller in Segelstellung wurde bei einer Geschwindigkeit von sechs Knoten ermittelt. Da bei stehender Antriebswelle des Messinstrumentes (Dynamometer H39) Haftreibung auftritt, die das Messergebnis beeinflusst, dreht die Welle während der Widerstandsmessungen mit 30 U/Min. mit. Versuche haben gezeigt, dass der Einfluss dieser geringen Drehzahl auf den Widerstand im Rahmen der Messgenauigkeit bleibt.

Bei den Messungen haben wir angenommen, dass die gesamte Motorleistung für den Antrieb zur Verfügung steht und keine Leistung etwa für den Betrieb einer Lichtmaschine genommen.

Die Auswertung für die Referenzyacht wurde auf die Dichte von Atlantikwasser bei 18 Grad Celcius umgerechnet.

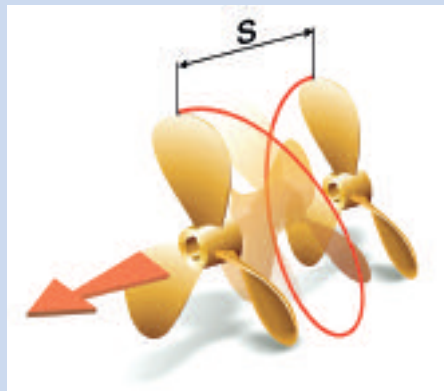
Der Propeller steckt auf einer Welle, die als Dummy der Saildrivebombe des 130S von Volvo nachempfunden wurde. In dem blauen Profil vorne rechts befinden sich eine Video-Kamera und Unterwasserbeleuchtung



Im großen Balkendiagramm sind die Widerstandsunterschiede zwischen den **Falt- und Drehflügelpropellern** und dem **Volvo-Festflügel** (hoher Balken: blockiert, niedriger Balken: freidrehend) besonders gut zu erkennen. Feine Unterschiede zeigen sich besonders gut in dem kleinen **Detaildiagramm**. Hier zeigt der „Autoprop“ immerhin einen Widerstandswert von knapp über 20 Newton, der „Gori Racing“ hingegen ist so günstig geformt, dass er keinen Widerstand produziert

Steigung des Propellers

Ein Schiffspropeller wird durch zwei Maßangaben (in Zoll) charakterisiert: **Steigung** und **Durchmesser**. Die Steigung beschreibt in der Theorie den Weg, den ein Propeller bei einer Umdrehung im Wasser zurücklegt. Zur Verdeutlichung kann man sich den Schiffs-Propeller beispielsweise als **Holzschraube** vorstellen, die mit dem Schraubendreher bei einer Umdrehung einen bestimmten Weg in festem Material zurücklegt. Ein Propeller mit niedrigem Steigungswert legt also bei einer Umdrehung einen kürzeren Weg im Wasser zurück als ein Propeller mit hohem Steigungswert. Den Durchmesser errechnet der Experte anhand des zur Verfügung stehenden Platzes unter dem Rumpf und der benötigten Flügel-Fläche. Denn diese bestimmt in erster Linie die Menge des Wassers, das nach achtern beschleunigt wird, also die zu erreichende Geschwindigkeit. Bei den Drehflügelpropellern im Test kann der Steigungswert variiert und so optimal angepasst werden.

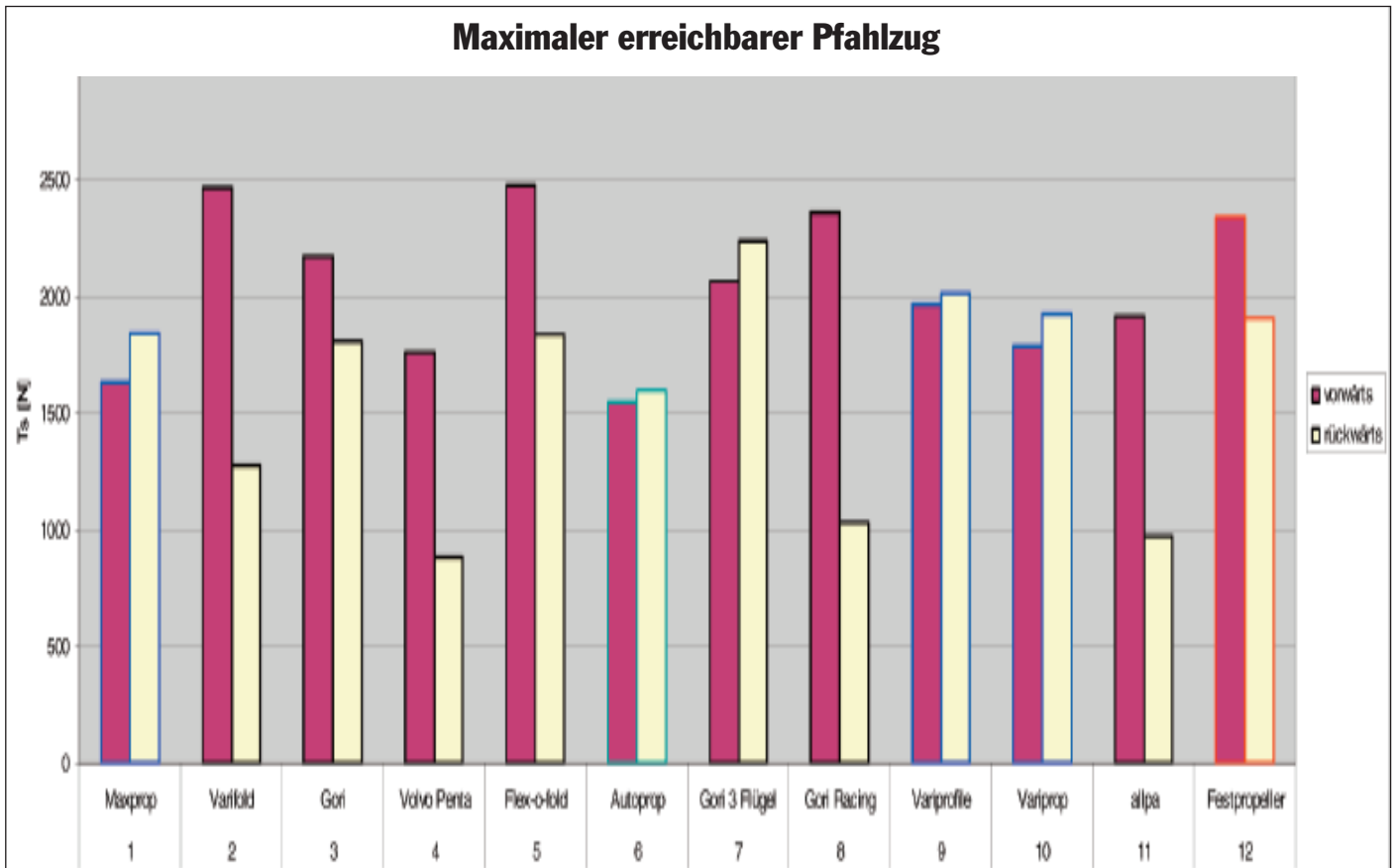


„S“ ist theoretisch der Weg in Zoll, den ein Propeller bei einer Umdrehung zurücklegt

kraft und das Drehmoment. Da die Flügel miteinander verzahnt sind, öffnen und schließen sie sich synchron. Wird der Diesel ausgeschaltet, klappen die beiden Flügel durch die Strömung des Wassers wieder in Längsstellung zusammen, wodurch der Widerstand deutlich gesenkt wird.

Bei Drehflügelpropellern werden die Flügel nicht durch Fliehkraft, sondern durch ein integriertes Getriebe aktiv in die jeweilige Stellung für voraus oder rückwärts gedreht. Stoppt die Maschine, drehen sich die Flügel durch die Strömung des Wassers in eine horizontale Stellung, in der sie den geringsten Widerstand bieten.

Eine Sonderform bildet der „Autoprop“. Die zwei stark pro-



Dieses Diagramm zeigt den Wert des maximal erreichbaren Pfahlzugs in Newton. Die zwei Balken pro Propeller stehen jeweils für Vorwärtsschub (violett) und Rückwärtsschub (beige). Der relativ geringe Vorwärtsschub des „Maxprop“ lässt sich durch eine Veränderung der Steigung wahrscheinlich nicht optimieren, da der Motor schon an der Leistungsgrenze ist. Die Werte des „Autoprop“ lassen sich ebenfalls nicht optimieren, da sich dessen freidrehende Flügel je nach Drehzahl und Drehmoment automatisch ausrichten

filiierten Flügel sind an einer quer liegenden Achse in der Nabe montiert. Je nach Drehzahl und Drehmoment der Maschine richten sie sich unabhängig voneinander in die Idealstellung aus. Wird das Getriebe umgeschaltet, drehen sich

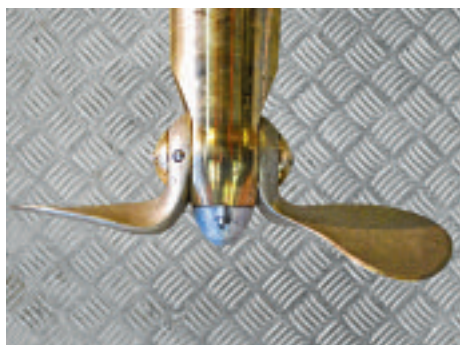
die Flügel um 180° auf der Querachse in die neue Position.

Testergebnisse und Besonderheiten

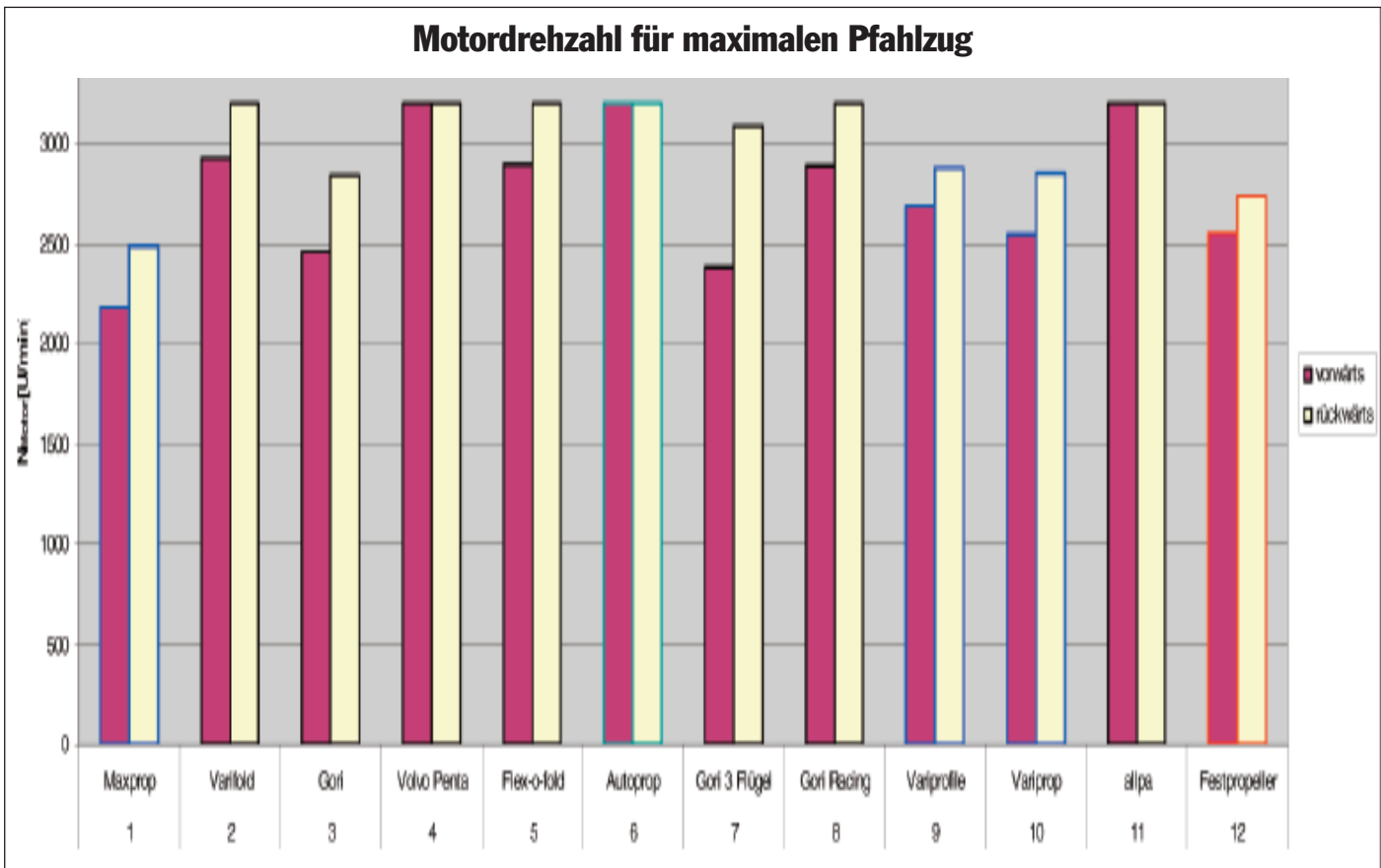
Die eingangs beschriebene Situation zum Schleppwiderstand sieht in nackten Zahlen

so aus: Der blockierte Festpropeller von Volvo bremst – in der Theorie – die Yacht bei sechs Knoten unter Segeln mit knapp 200 Newton ab. Gemessen am Gesamtwiderstand (etwa 550 N) der Yacht bei dieser Geschwindigkeit muss

man also noch fast 40 Prozent „Bremsanteil“ addieren. Wird der Propeller freidrehend gefahren, reduziert sich der Widerstand um immerhin 50 Prozent auf etwa 100 Newton. Doch auch dieser Wert entspricht immer noch etwa 20 ➤



Links die „Vorwärtsstellung“ des „Autoprop“, in der Mitte befinden sich die freidrehenden Flügel in der Position „rückwärts“ und im rechten Bild stehen die Flügel in der Segelstellung. Sie bietet bei diesem Modell den geringsten Widerstand in der Strömung



Da die Profile der Propellerflügel für gute Leistung bei Vorwärtsfahrt optimiert werden, sind bei den meisten Propellern nicht nur die Schubwerte für „vorwärts“ deutlich besser als für „rückwärts“ (vgl. Diagramm „Pfahlzug“ S. 69). Für die Rückwärtsfahrt benötigt man zudem deutlich höhere Drehzahlen, um den maximalen Schub zu erreichen. Der „Autoprop“ beispielsweise zeigt auch hier wieder ein spezielles Bild: Nicht nur die Schubwerte sind nahezu identisch, sondern auch die hierfür benötigten Drehzahlen

Prozent des gesamten Schiffswiderstandes. Da die Widerstandskurve einer Yacht mit zunehmender Geschwindigkeit sehr steil ansteigt und

nicht etwa linear, verschlechtert sich dieses Verhältnis bei niedrigen Geschwindigkeiten sogar noch. Die Pfahlzugwerte des Festflügels lagen bei 2345

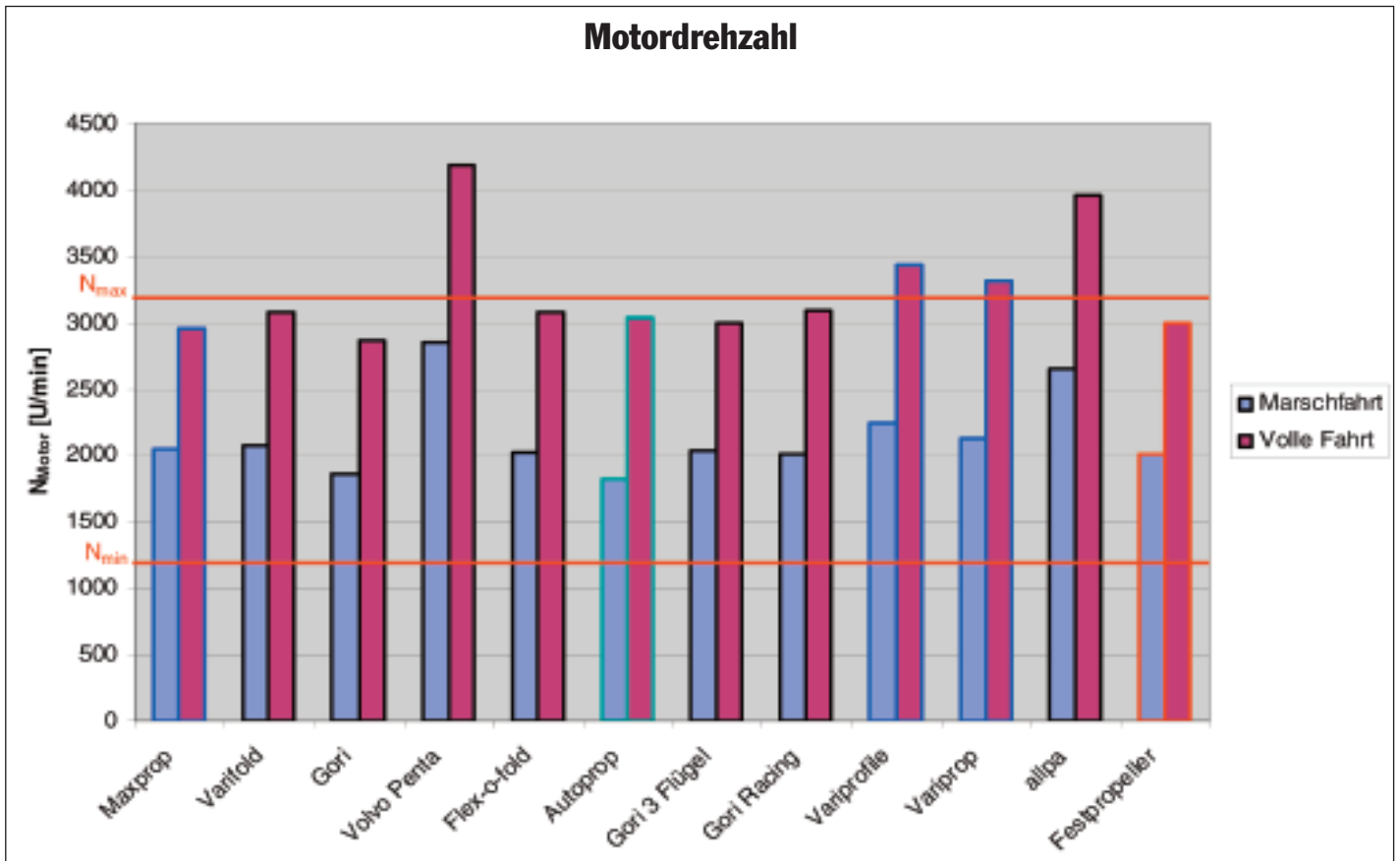
N vorwärts und 1910 N rückwärts, Marschfahrt lag bei 2010 U/Min. an, für 7,6 kn drehte die Maschine mit rund 2990 U/Min.

Mit einem aus robuster Bronzelegierung gefertigten falt- oder Drehflügelpropeller ändert sich das Widerstandsverhältnis Yacht/Propeller drastisch. Die hydrodynamisch ausgefeilten Propeller bieten gerade einmal zwischen einem und 20 Newton Widerstand, das entspricht einem Anteil zwischen 0,2 Prozent und maximal 4,2 Prozent am Gesamtwiderstand. Die hydrodynamisch optimierten Schrauben spielen also gerade bei geringen Geschwindigkeiten ihre Stärken aus.

Als schnittigster Propeller aus dem Standard-Testprogramm hat sich das günstige falt-Modell von Allpa erwiesen. Der Widerstandswert ist mit nur einem Newton so ge-



Die meisten Propeller im Test verfügen über eine integrierte Zinkanode. Beim „Maxprop“ (li.) sorgt sie zudem für einen strömungsgünstigeren Übergang zwischen Nabe und Saildrive. Allpa (re.) ohne Anode



In der Yachtkonfiguration (siehe Text) liefert der Motor „D1-20“ von Volvo-Penta seine maximale Leistung bei 3200 U/Min. Die Propeller mit den vier violettfarbenen Balken, die diese Linie übersteigen, würden die Maximalgeschwindigkeit von 7,6 Knoten erst bei wesentlich höheren Drehzahlen erreichen. Sie sind zu „leicht“, die Steigung ist zu gering gewählt. Der Faltpropeller aus dem Hause Volvo passt am schlechtesten zu unserer Yacht, bei dem „Variprofile“ und „Variprop“ müsste man die Steigungs-Schrauben regulieren

ring, dass er quasi vernachlässigt werden kann. Die italienische Gießerei Eliche Radice hat ganze Arbeit geleistet, was man dem schlichten Teil nicht ansieht. Gleichzeitig zeigt der Prop bei den Pfahlzugmessungen mit 1918 N vorwärts und 977 N bei Rückwärtsschub passable Werte. Hierfür sind aber vergleichsweise hohe Drehzahlen erforderlich. Allerdings hat Allpa die Abmessungen nicht korrekt berechnet. Die 15 Zoll Durchmesser haben wir bei allen Herstellern vorgegeben, die Steigung sollte jedoch anhand der Schiffsvorgaben individuell berechnet werden. Bei den Testläufen zur Marschfahrt und voll voraus zeigte sich dann, dass der Allpa-Prop die geforderte Höchstge-

schwindigkeit mit der maximal zur Verfügung stehenden Drehzahl von 3200 U/min (siehe oben) nicht erreichen konnte. Theoretisch hätte dieser Pro-

peller beinahe 4000 U/Min. benötigt, um 7,6 kn zu erreichen. Der Propeller war „zu leicht“, also die Steigung mit nur neun Zoll von Allpa zu gering be-

messen – dies lässt sich jedoch leicht korrigieren.

Ähnlich strömungsgünstig verhielt es sich mit einem Widerstandswert von nur zwei ➤

Montage der Propeller

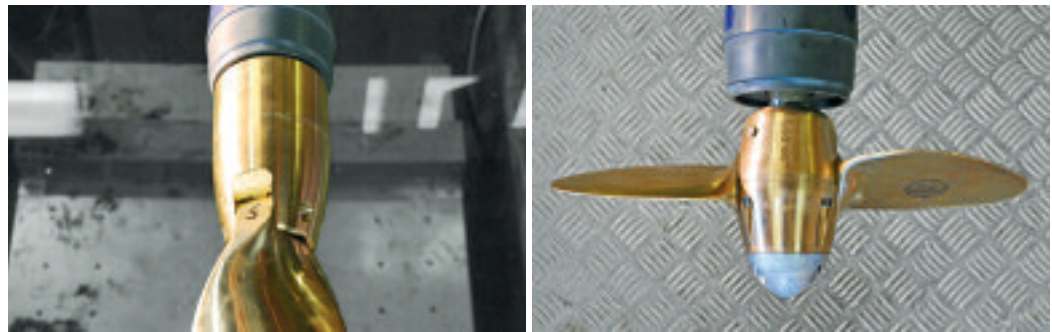


Versuchsleiter Dipl.-Ing. Dr. Stefan Helma (re.) beim Prop-Anbau

Die Montage der Propeller ist nachvollziehbar, wenn man sich genau an die Anleitungen hält. Benötigtes Spezialwerkzeug wie Hakenschlüssel o.ä. ist in der Regel beigelegt. Bei den Faltpropellern kann man ohnehin wenig falsch machen, die Zahl der zu montierenden Teile ist überschaubar. Allpa und Flex-O-Fold könnten die Bedienungsanleitungen allerdings etwas ausführlicher und auch auf Deutsch anbieten.

Etwas kompliziert und nur mit mehr als zwei Händen zu bewerkstelligen ist der Anbau des „Maxprop“. Die Wahl der korrekten Steigung erfordert Konzentration. Sicherungsschrauben müssen unbedingt mit Gewindekleber wie „Loctite“ gesichert werden, der bei allen Propellern mitgeliefert wird.

Newton der Drehflügelpropeller von „Maxprop“. Bei den Standschubmessungen lieferte er allerdings mit 1632 N vorwärts den zweitniedrigsten Wert. Die 1847 N bei Rückwärtsfahrt hingegen waren sehr gut, um bei engen Hafenmanövern gut aufstoppen können. Da man bei dem „Maxprop“ die Steigung variieren kann, liegt jetzt der Gedanke nah, einfach die Steigung zu erhöhen, um für Vorwärts bessere Werte zu erhalten. Das erforderliche Drehmoment hierfür kann der Motor unserer Testkonfiguration allerdings nicht zur Verfügung stellen. Bereits mit der jetzt vom Hersteller gewählten



Der Übergang von der Nabe zu Saildrive fällt sehr unterschiedlich aus. Bei „Flex-O-Fold“ (li.) ist der Bereich sehr strömungsgünstig gestaltet, beim „Variprop“ (re.) klappt eine ungünstige Lücke

Steigung ist der Motor bei voller Fahrt dicht an seiner Leistungsgrenze.

Auf dem dritten Strömungsplatz dreht sich mit nur 2,2

Newton Schleppwiderstand der faltpropeller von Gori, der insgesamt einen Tipp bekommt. Die Pfahlzugwerte sind im oberen Drittel des Test-

feldes angesiedelt und mit 1815 N rückwärts und 2173 N vorwärts sollte er im Hafen zu sehr guten Leistungen fähig sein. Die Steigung ist mit 12 Zoll



Modell	Allpa	Flex-O-Fold	Gori	Varifold	Volvo	Autoprop
Hersteller/Vertrieb	Eliche Radice/Allpa, Tel. 0031-24/377 77 73, www.allpa.nl	Flexofold, Tel. 0461/481 56 10, www.flexofold.com	Gori/Bukh-Bremen, Tel. 0421/53 50 70, www.bukh-bremen.de	Bruntons/SPW, Tel. 0471/770 47, www.spw-gmbh.de	Volvo, Tel. 0431/399 40, www.volvo-penta.de	Bruntons/SPW, Tel. 0471/770 47, www.spw-gmbh.de
Preis	588,35 €	1044 €	1082,90 €	1008 €	1328 €	1875 €
Garantie	2 Jahre	3 Jahre	2 Jahre	2 Jahre	1 Jahr	2 Jahre
Gewicht	5,6 kg	6,9 kg	6,7 kg	6,74 kg	6,9 kg	8,6 kg
Typ	Faltpropeller	Faltpropeller	Faltpropeller	Faltpropeller	Faltpropeller	autom. Verstellprop
Durchm./Steig.	15 x 9	15 x 12	15 x 12	15 x 9	15 x 8	15 x variabel
Anode vorhanden	nein	nein	ja	ja	ja	ja
Montage/Anleitung	sehr einfache Montage; knappe Anleitung nur auf englisch	sehr einfache Montage; knappe Anleitung nur auf englisch	sehr einfache Montage; gute Anleitung mit vielen Bildern	sehr einfache Montage; gute Anleitung auf deutsch	sehr einfache Montage; Anleitung auf deutsch	etwas kompliziert, gute Anleitung auf deutsch
Tests						
Schleppwiderstand/Newton	1	3,1	2,2	3,1	9,7	20
Pfahlzug/Newton · vorwärts · rückwärts	1918 977	2477 1835	2173 1815	2464 1279	1762 882	1546 1599
Motordrehzahl für max. Pfahlzug	v/3200 r/3200	v/2901 r/3200	v/2465 r/2842	v/2932 r/3200	v/3200 r/3200	v/3200 r/3200
Motordrehzahl/ · Marschfahrt 6,4 kn · voller Fahrt 7,6 kn	2650 3960	1950 2990	1990 3060	2100 3120	2860 4210	1670 2880
Segelst. bei/kn	1,4	1,9	2,3	1,7	1,9	keine Messung vorh.
Kommentar	Für kostenbewusste Regattasegler ist der „Allpa“ ideal: Als Segelpropeller punktet er mit dem niedrigsten Widerstand aus der regulären Testreihe, die Pfahlzugwerte sind durchwachsen, aber der Preis liegt deutlich unter der Konkurrenz. Das bringt den Tipp	Dieser sehr gute Kompromiss glänzt durch geringen Widerstand und sehr gute Pfahlzugwerte vorwärts wie rückwärts. Diese Kombination bringt einen Tipp	Gori liefert hier den zweitbesten Widerstandswert. Mit den guten Pfahlzugwerten, auch bei Rückwärtsfahrt, bildet der Gori einen sehr guten Kompromiss für Schnellsegler, die auch im Hafen entspannt manövrieren wollen	Der Segelpropeller zeichnet sich durch geringen Schleppwiderstand aus. Der Vorwärtsschub ist sehr gut, nach hinten schwächelt der Prop ein wenig	Im Vergleich zu dem Festpropeller ist der Widerstandswert gering, andere falt- oder Drehflügelprops haben aber bessere Werte. Die Pfahlzugmessungen haben durchwachsene Werte ergeben, insbesondere rückwärts ist der Segelpropeller schwach	Unterdurchschnittliche Pfahlzugwerte bei Vorwärtsfahrt, ein gutes Ergebnis rückwärts liefert dieser Motorprop . Allerdings ist der Widerstandswert vergleichsweise hoch und der Propeller sehr teuer



vom Hersteller richtig gewählt: Die Geschwindigkeiten werden in einem gesunden Drehzahlbereich zur Verfügung gestellt und der Motor nicht überfordert.

Mit jeweils 3,1 Newton Widerstand liegen die beiden faltpropeller „Varifold“ und „Flex-O-Fold“ gleichauf. Bei den Pfahlzugwerten ähneln sie sich im Vorwärts-Wert, der „Flex-O-Fold“ kann aber zurück fast 50 Prozent mehr Kraft aufbringen. Somit zeigt der „Flex-O-Fold“ insgesamt eine sehr gute Leistung, was ihm einen Tipp einbringt. Die Drehzahlen liegen bei beiden nahe dem Optimum, mit anderen

Worten: Die Steigung passt, die Hersteller kennen sich aus.

Einen Hauch mehr Widerstand bringt der Drehflügelpropeller mit variabler Steigung „Variprofile“ ins Wasser, wobei das Wort „bremsen“ relativ zu sehen ist: Gemessen am Gesamtwiderstand der Yacht hätte selbst der „Variprofile“ nur einen Widerstands-Anteil von 0,7 Prozent. Bei maximaler Drehzahl wird der geforderte Topspeed in der gelieferten Einstellung nicht erreicht, der Prop ist zu „leicht“. Der Eigner der virtuellen Test-Bavaria müsste sein Schiff noch einmal auskranen und für bessere Werte an den Steigungs-Schraub-

chen drehen. Hierbei sollte man sich aber langsam an die perfekte Steigung herantasten und die Stellschrauben nicht gleich um eine volle Umdrehung ändern.

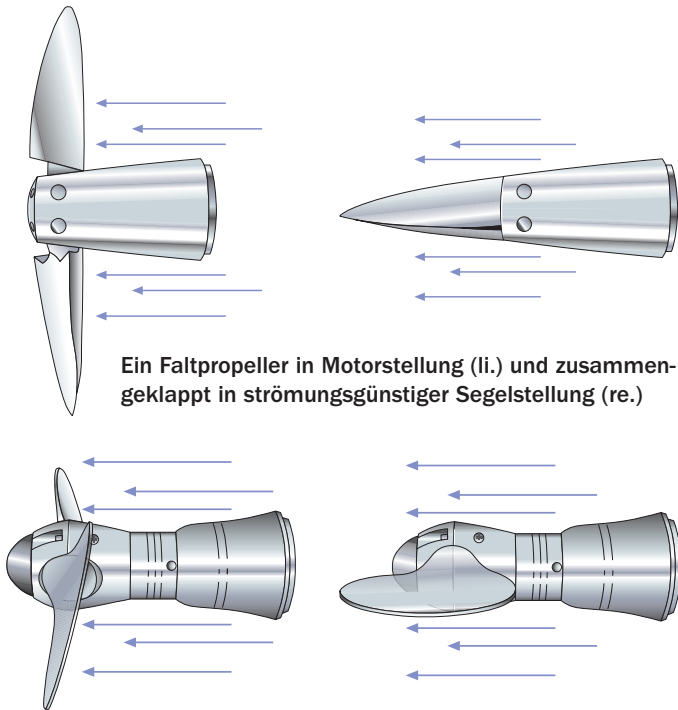
Der „Variprop“ mit Drehflügeln sticht aus der Reihe der schnittigen Propeller etwas hervor. Sieben Newton Widerstand misst das Dynamometer, was unter anderem wahrscheinlich der klobigen Bauform und dem großen Spalt zwischen Propellernabe und Saildrivebombe geschuldet ist. An einem besonders effektiven Flügelprofil, das buckelig in die Strömung ragen würde, liegt es zumindest augenscheinlich

nicht, wenn man sich die Pfahlzugwerte ansieht. Mit 1787 Newton schiebt er im Test aus dem Stand, mit immerhin 1929 N zieht er. Dabei erreicht er die vorgegebene Höchstgeschwindigkeit jedoch nicht, auch hier müsste die Steigung vorsichtig nachjustiert werden.

Kurioserweise will ausgerechnet der faltpropeller aus dem Hause Volvo nicht so recht zum Volvo-Motor und Volvo-Saildrive passen. Bei den Schlepptwiderstandsmessungen nimmt der Propeller (9,7 N) den vorletzten Platz ein, was sich mit den extrem lang gezogenen Flügelspitzen erklären lässt, die weit in die Strö- ➤



Modell	Maxprop	Variprofile	Variprop	Gori Racing	Festpropeller	Gori 3-fl.
Hersteller/Vertrieb	Maxprop/Boattec, Tel. 0431/399 00 60, www.boattec.de	SPW, Tel. 0471/770 47, www.spw-gmbh.de	SPW, Tel. 0471/770 47, www.spw-gmbh.de	Gori/Bukh-Bremen, Tel. 0421/53 50 70, www.bukh-bremen.de	Volvo, Tel. 0431/399 40, www.volvo-penta.de	Gori/Bukh-Bremen, Tel. 0421/53 50 70, www.bukh-bremen.de
Preis	1688 €	1457 €	1675 €	1558,90 €	292 €	2344,30 €
Garantie	2 Jahre	2 Jahre	2 Jahre	2 Jahre	2 Jahre	2 Jahre
Gewicht	6,1 kg	7,0 kg	5,4 kg	6,24 kg	1,72 kg	7,72 kg
Typ	Drehflügelpropeller	Drehflügelpropeller	Drehflügelpropeller	Faltpropeller	Festpropeller	Faltpropeller 3-fl.
Durchm./Steig.	15 x 12	15 x 11	15 x 12	15 x 12	16 x 11	15 x 12 x 3
Anode vorhanden	ja	ja	ja	nein	nein	ja
Montage/Anleitung	etwas kompliziert, gute Anleitung auf deutsch	einfach, gute Anleitung auf deutsch	einfach, gute Anleitung auf deutsch	einfach	einfach	etwas kompliziert, Anleitung auf englisch
Tests						
Schlepptwiderstand/Newton	2,0	3,3	7,0	0	99,9 freidrehend 198,7 blockiert	1,4
Pfahlzug/Newton · vorwärts · rückwärts	1632 1847	1971 2013	1787 1929	2360 1030	2345 1910	2069 2235
Motordrehzahl für max. Pfahlzug	v/2187 r/2491	v/2690 r/2879	v/2545 r/2856	v/2886 r/3200	v/2557 r/2741	v/2381 r/3087
Motordrehzahl/ · Marschfahrt 6,4 kn · voller Fahrt 7,6 kn	2040 2950	2240 3440	2130 3310	2000 3090	2010 2990	2090 3090
Segelst. bei/kn	3,5	2,7	3,1	2,7	-	3,3
Kommentar	Der Segelpropeller glänzt mit einem sehr niedrigen Widerstandswert. Die Leistungen unter Maschine sind vorwärts bescheiden und markieren den zweitniedrigsten Wert. Rückwärts hingegen zeigt er sehr gute Leistung	Niedriger Widerstand und sehr gute Pfahlzugwerte rückwärts machen den Variprofile zu einem guten Kompromiss . Zusammen mit den guten vorwärts-Werten verdient der Drehflügelpropeller einen Tipp	Mit etwas mehr Steigung wäre der Pfahlzugwert vorwärts vielleicht etwas besser ausgefallen. Rückwärts arbeitet er sehr gut. Zusammen mit dem vergleichsweise hohen Schlepptwiderstand bildet der „Variprop“ einen Kompromiss	Ein nicht messbarer Widerstand zeichnet diesen perfekten Segelprop aus. Wer bei der Ausstattung seiner Regattayacht nicht auf den Preis pokalfördernder Ausrüstung sieht, muss diesen Prop kaufen. Die Pfahlzugwerte sind vorwärts sehr gut, rückwärts schwach	Der Festpropeller ist die „ Segelbremse “ schlechthin, die Pfahlzugwerte sind für diesen Propeller aber sehr gut	Trotz der großen, zerklüfteten Flächen zeigt der dreiflügelige Propeller einen sehr geringen Widerstandswert bei passablen Motorleistungen und sehr gutem Rückwärtsschub. Dieser Vergleichsprop ist aber sehr teuer



Ein Faltpropeller in Motorstellung (li.) und zusammengeklappt in strömungsgünstiger Segelstellung (re.)

Bei einem Drehflügelpropeller stellen sich die Flügel durch die Strömung in die widerstandsärmste Position (re.)

mung hinein reichen. Die ausgefallene Form haben die Ingenieure aber auch nicht zugunsten der Leistung gewählt, die der Faltpropeller bei der Pfahlzugmessung unter Beweis stellt: Liegt er bei „zurück“ mit 882 N deutlich abgechlagen auf dem letzten Platz, zeigt er auch „voraus“ mit 1762 N nur einen Wert im hinteren Drittel. Die Steigung ist mit nur acht Zoll viel zu gering und passt überhaupt nicht zu Yacht und Motor: Rumpfgeschwindigkeit kann man mit dieser Kombination nicht erreichen. Erst bei 4210 U/Min. würde die

Yacht mit 7,6 Knoten durch das Wasser pflügen. Da die Maschine nur bis 3200 U/Min. dreht, muss man einen Geschwindigkeitsverlust in Kauf nehmen. Hier würde es Volvo gut zu Gesicht stehen, das Sortiment um den einen oder anderen Propeller zu erweitern. Mit 20 Newton Widerstand ist der „Autoprop“ mit seinen freidrehenden Flügeln zwar immer noch sehr weit von der „Festflügel-Bremse“ (100 N bis 200 N) entfernt, bildet aber ganz klar das Schlusslicht im Schlepptest. Die Pfahlzugwerte vorwärts wie rückwärts sind

durchwachsen (vor: magere 1546 N, zurück: mittelmäßige 1599 N), die Drehzahlen bleiben dabei vergleichsweise niedrig und die Maschine muss hierfür nicht das letzte Quäntchen Drehmoment zur Verfügung stellen.

Für einen möglichst vollständigen Vergleich haben wir außerdem einen besonders strömungsoptimierten Racing-Faltpropeller von Gori und einen Faltpropeller mit drei Blättern (Gori) durch das Schleppbecken ziehen lassen. Bei den angezeigten Schleppwiderstandswerten des „Racing“ mussten wir uns mehrfach die Augen reiben: Das hydrodynamisch gestylte Wunderwerk bietet 0 (in Worten: Null) Newton Widerstand. Und das bei sehr guten Pfahlzugwerten vorwärts, mäßigen Pfahlzugwerten rückwärts (1030 N) und einem optimalen Drehzahlbereich bei Marschfahrt und voll voraus. Allerdings ist die Steigung eine Spur zu hoch, im Volllastbereich könnte die Maschine dunkle Abgasschwaden produzieren, weil mehr Drehmoment benötigt wird als zu Verfügung steht und die Drehzahl nicht erreicht wird. Die Einspritzanlage quittiert eine solche Forderung mit erhöhter Dieseleinspritzung. Der zusätzliche Kraftstoff führt jedoch zu einem zu fetten Gemisch in den Zylindern und die Abgasschwaden werden schwarz-rußig aus dem Auspuff qualmen.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei dem Faltpropeller mit drei Flügeln: etwas zu hohe Steigung, aber sehr gute Pfahlzugwerte und trotz der verwinkelten Form im zusammengeklappten Zustand ein sehr geringer Widerstandswert. Mit nur 1,4 Newton läge der Propeller im Gesamtfeld aller 12 Schrauben auf Platz drei. Die Vorteile des ruhigeren Motorlaufs und der hervorragenden Stoppeigenschaften muss man sich aber mit einem zwei-

bis viermal so hohen Preis – im Vergleich zu ähnlich leistungsfähigen Schrauben im Test – erkaufen.

Einklappen/Öffnen

Die Flügel der Propeller falten bzw. drehen sich sehr schnell in die optimale Motorstellung. Höchstens 530 U/Min. waren theoretisch nötig, um den „Maxprop“ in Position zu drehen. Die Flügel des einfachen Faltpropellers von Gori hatten ihre Idealstellung schon bei 120 U/Min. erreicht. Ganz anders sah jedoch der umgekehrte Weg aus: Manche Propeller benötigten im Test eine vergleichsweise hohe Strömungsgeschwindigkeit, um sich in die Segelposition zu klappen oder zu drehen. Die Flügel des „Maxprop“ drehten sich beispielsweise erst bei 3,5 Knoten Fahrt in die ideale Segelstellung, und auch der „Varioprop“ und der dreiflügelige Gori machen sich erst bei mehr als drei Knoten dünn. Diese Beobachtung steht dem eigentlichen Zweck der Propeller, nämlich insbesondere bei niedrigen Geschwindigkeiten für wenig Widerstand zu sorgen, diametral gegenüber. Möglich, dass sich die Reibungswiderstände in den Getrieben der Drehflügelpropeller oder an den Zahnflanken und Flügelbolzen der Faltprops nach längerer Nutzung etwas verringern. Dafür kommt bei den meisten dann aber wieder leichter Algen-Bewuchs hinzu, der das Einklappen erschwert.

Die gemessenen Werte bei den Drehflügelpropellern ließen sich durch die in den Anleitungen beschriebenen Bedienungsstipps möglicherweise reduzieren. „Varioprop“ liefert sogar eine fast einseitige Anleitung dafür, wie der Propeller in Segelstellung zu bringen ist. Hier ein Auszug: „Fahren Sie mit drei bis vier Knoten Voraussgeschwindigkeit. Schalten Sie in neutral, stellen Sie den Motor aus und kuppeln Sie ➤



Der für unsere Yachtkonfiguration empfohlene Festflügelpropeller von Volvo lieferte spannende Vergleichswerte



TECHNIK
im Detail

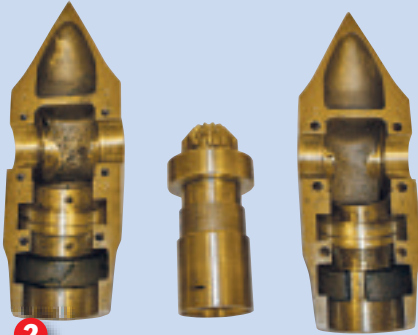
Drehflügelpropeller



1 Mittelnabe mit Kegelrad eines drehbaren Flügels. Hier greift das zentrale Kegelrad für die Steigungsverstellung bei Vor- und Zurückfahrt ein



4 Die zweiteilige Zinkanode wird auf das Mittelstück geschraubt und sorgt dort außerdem für einen strömungsgünstigeren Übergang zum Sailandrive



2 Die beiden Gehäusehälften (rechts und links), dazwischen das Mittelstück mit zentralem Kegelrad, das direkt auf die Antriebswelle geschraubt wird



3 Mittelstück mit Kegelrad in einer Gehäusehälfte. In die Gleitlager quer vor dem Kegelrad werden die beiden Propellerflügel eingelegt



5 Eine Gehäusehälfte mit eingelegten Propellern, Mittelstück mit Kegelrad und Zinkanode. Die zweite Gehäusehälfte wird mit sechs Schrauben fixiert



6 Das zentrale Kegelrad im Mittelstück, an dem die Steigung eingestellt wird. Die Position der Körnerpunkte zu den Buchstaben wird in einer Tabelle abgelesen

Faltpropeller



1 Nabe eines Faltpropellers. Sie wird zuerst an die Welle geschraubt



4 Schaftmutter mit Sicherungsschraube und Madenschraube, die die Schaftmutter zusätzlich sichert



6 Durch die Verzahnung bewegen sich die Propellerflügel beim Ein- und Ausklappen synchron

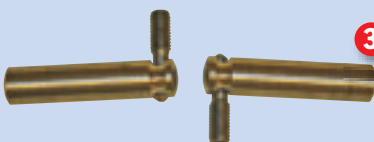


2 Die Flügel werden in die Nabe gesteckt und dort mit gesicherten Bolzen fixiert

5 Fast vollständig montierter Propeller. Auf der linken Hälfte sind ein eingesteckter Flügelbolzen und die Sicherungsschraube zu erkennen



7 Von hinten betrachtet ist in der Nabe die Innenverzahnung zu erkennen, die in die Wellenverzahnung der Sailandrives greift



3 Zwei Flügelbolzen mit Sicherungsschrauben, die die Bolzen an ihrer Position halten



nun mit ausgestelltem Motor kurz den Rückwärtsgang ein, damit die Welle aufgestoppt wird. Nun wieder in neutral schalten.“

Das bei diesem Manöver schon die Segel oben sein sollten, steht nicht in der Anleitung. Wenn sich die Faltpropeller in Segelstellung geklappt haben, muss die Welle blockiert werden, sonst könnten sich die Flügel durch Fliehkraft wieder ausklappen.



Der „Racing-Propeller“ von Gori: Der nicht vorhandene Widerstand ist ihm anzusehen

(Fast) alle Theorie ist grau

Diese Werte und Beobachtungen können nicht 1:1 auf jede andere Yacht-Motor-Getriebe-Kombination übertragen werden. Zu unterschiedlich wirken sich die einzelnen Faktoren auf das tatsächliche Fahrverhalten aus. Ist der Schleppwiderstand ein ver-

gleichsweise fester Wert, der sich praktisch nicht ins Positive oder Negative ändern kann, sieht es bei dem Pfahlzug-Test anders aus: Zwar lässt sich hier eine deutliche Tendenz ablesen, die durch die Flügelgeometrie und die Bauweise vorgegeben ist, Schwankungen können sich

aber durch Motoren mit anderen Drehmomentkurven oder andere Getriebeuntersetzungen ergeben.

Fazit

Wie hoch der tatsächliche Geschwindigkeitsgewinn mit einem optimierten Propeller ist, kann man mit wissenschaftlicher Gewissheit nicht sagen, wenn keine exakten Widerstandskurven für die betreffende Yacht vorliegen. Erfahrungswerten nach können die Schrauben je nach Segelgeschwindigkeit aber mindestens einen halben Knoten mehr an Speed bringen. Das verändert den Aktionsradius bei der Törnplanung deutlich. Auch wenn man im Vergleich zu einem Festpropeller kräftig investieren muss. Aber schließlich steigt die Freude am Segeln

mit jedem kleinen Plus an Geschwindigkeit gewaltig.

Wir haben die Schrauben auf Grund ihrer Eigenschaften in drei Kategorien unterteilt:

- 1) Der Segelprop:** Er ist auf niedrigsten Widerstand ausgelegt, Manövereigenschaften sind zweitrangig.
 - 2) Der Motorprop:** Er lässt bei vergleichsweise geringem Widerstand passable Fahrleistungen unter Motor erwarten, voraus und zurück stehen mindestens 1500 N zur Verfügung.
 - 3) Der Kompromiss:** Er zeichnet sich durch einen niedrigen Widerstand bei guten Motorleistungen aus.
- Auf die übliche Punktebewertung haben wir wegen der unterschiedlichen Eigenschaften der Propeller verzichtet, wohl aber *segeln*-Tipps vergeben. ⚓

Der richtige Propeller

Wenn das Boot nicht die angegebene Höchstgeschwindigkeit bei einer bestimmten Drehzahl erreicht oder der Motor im Vollastbereich anfängt zu qualmen und zu rußen, ist wahrscheinlich ein unpassender Propeller montiert. Ein solcher Propeller kann auch den Treibstoffverbrauch nach oben schrauben, wenn etwa permanent mit zu hoher Drehzahl gefahren wird, um auf eine bestimmte Geschwindigkeit zu kommen. Um in so einem Fall eine korrekte Schraube zu bemessen, muss der Propellerhersteller eine Vielzahl von Schiffsdaten erheben. Im Idealfall finden sich bei verbreiteten Schiffstypen die Boots- und Motordaten in einer Datenbank. Bei seltenen Schiffstypen wird die Bemessung schon schwieriger.

Neben dem Schiffstyp und Bootscharakter (Rundspant, Knickspant) spielen Schiffsdaten wie Länge über alles, Länge und Breite der Wasserlinie und vor allem die Verdrängung der Yacht eine große Rolle.

Bei Booten mit Wellenanlage, bei denen der Propeller relativ weit achtern montiert wird, müssen zudem etliche Abstände bekannt sein: Die Entfernung Flügelspitze-Rumpf ist ebenso entscheidend wie der Abstand zum Ruder oder Skeg. Bei Langkielern oder Klassikern passt wegen der knappen Platzverhältnisse oft nur ein Fest- oder Drehflügelpropeller. Faltpropeller in Segelstellung wären einfach zu lang.



Für die Bemessung des korrekten Propellers müssen zahlreiche Daten erhoben werden