

Propeller-Technik

Propeller-Terminologie

Erklärung von Begriffen, die den Skipper tagtäglich beschäftigen

Durchmesser

Der Durchmesser eines Propellers ist der Durchmesser des Kreises, den die Flügelspitzen



bei einer Umdrehung beschreiben.

Die Wahl des Durchmessers ist abhängig von der Drehzahl, mit der sich der Propeller drehen soll, der zur Verfügung stehenden Leistung und der angestrebten Höchstgeschwindigkeit.

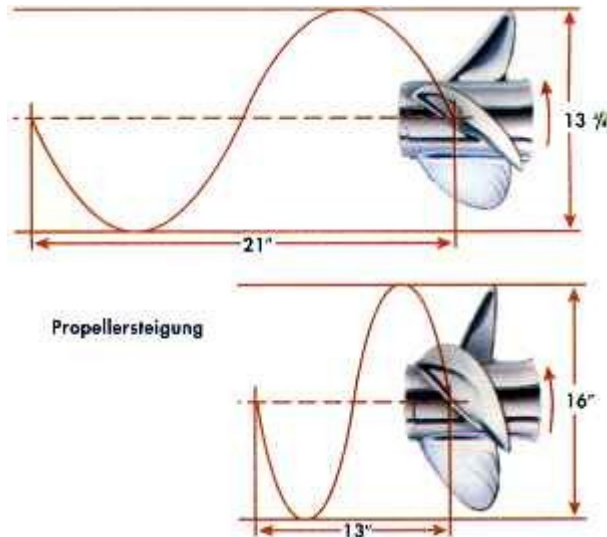
Bei Propellern, deren Flügel bei jeder Drehung in das Wasser ein- und wieder auftauchen (sogenannte Oberflächenpropeller) spielt es für die Festlegung des richtigen Propellerdurchmessers eine Rolle, wie groß der dauernd unter Wasser befindliche Anteil des Drehkreises ist.

Innerhalb einer bestimmten Propellerserie ist der Durchmesser normalerweise bei langsameren Booten größer, bei schnelleren kleiner.

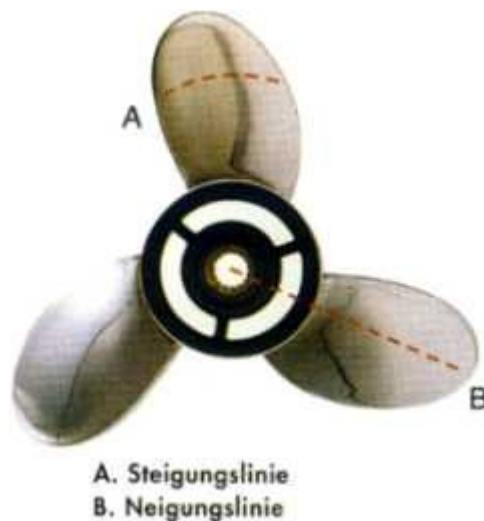
Wenn alle anderen Variablen gleich bleiben, nimmt der Durchmesser mit steigender Leistung zu, genauso bei abnehmenden Drehzahlen (durch niedrigere Motordrehzahlen und/oder größere Übersetzung) oder bei Oberflächenpropellern.

Steigung

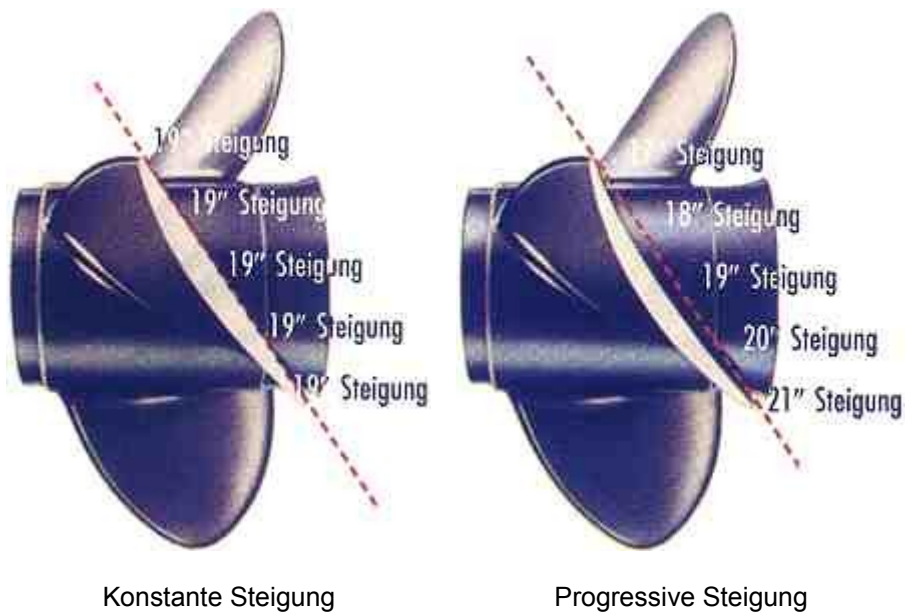
Die Steigung entspricht der Strecke, die ein Propeller in einem festen Material zurücklegen würde, vergleichbar einer Schraube in Holz.



Ein Propeller mit der Bezeichnung 13 3/4 x 21 hat einen Durchmesser von 13 3/4 Zoll (35cm) und eine Steigung von 21 Zoll (53cm). Theoretisch würde dieser Propeller bei einer Umdrehung eine Strecke von 53 cm zurücklegen. Die Steigung wird an der Flügeloberfläche gemessen.



Eine Reihe von Faktoren kann dazu beitragen, daß die tatsächliche Steigung von der auf dem Propeller angegebenen abweicht: Während der Herstellung können beim Guß und in der Abkühlphase kleinere Verformungen auftreten, ein Reparaturbetrieb kann Änderungen vorgenommen haben, oder unbemerkte Havarien haben die Steigung beeinflusst. Es gibt zwei Arten der Steigung, entweder konstant oder progressiv.



Die konstante Steigung bleibt von der Vorder- bis zur Hinterkante gleich. Die progressive Steigung beginnt flach an der Vorderkante und nimmt bis zur Hinterkante langsam zu. Angegeben wird bei solchen Propellern der Durchschnittswert der Steigung über den gesamten Flügel.

Die progressive Steigung bringt bessere Leistung bei Vorwärtsfahrt und hohen Propellerdrehzahlen und/oder bei Oberflächenpropellern. Sie wird bei Propellern der mittleren und höheren Leistungsklasse verwendet.

Die Steigung wirkt wie ein zusätzliches Getriebe. Für einen bestimmten Motor, der mit einer bestimmten Drehzahl laufen soll, gilt die Regel, dass die Steigung um so größer sein muss, je schneller das Boot fahren kann.

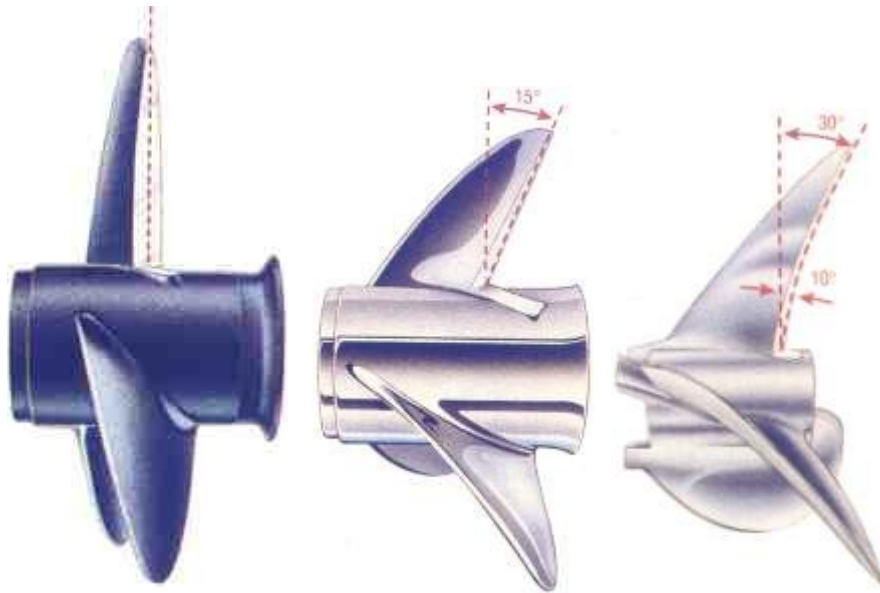
Bei zu geringer Steigung dreht der Motor zu hoch (über die vom Hersteller zugelassene Höchstdrehzahl hinaus), was zu unerwünschtem Verschleiß und Motorschäden führt. Die Beschleunigung dürfte hervorragend sein, die Höchstgeschwindigkeit wird jedoch geringer, ebenso der Wirkungsgrad des Propellers.

Bei zu hoher Steigung zwingen Sie Ihrem Motor bei niedrigen Drehzahlen extreme Lasten auf, die in kurzer Zeit zu Motorschäden führen können.

Die Höchstgeschwindigkeit nimmt zwar kaum ab, die Beschleunigung verschlechtert sich jedoch drastisch.

Neigung

Betrachtet man einen Propeller entlang einer Schnittrlinie, die durch die Nabenmitte führt, ergibt der Winkel zwischen dem Flügel und der Senkrechten zur Nabe die Neigung des Flügels.



0° Neigung

Lineare Neigung

Progressive Neigung

Steht der Flügel senkrecht zur Propellerachse, hat der Propeller 0° Neigung. Je stärker der Flügel nach hinten zeigt, desto stärker ist die Neigung.

Bei Standardpropellern variiert die Neigung zwischen -5° und 20°. Serienpropeller von Außenbordern und Z-Antrieben haben üblicherweise etwa 15° Neigung.

Hochleistungspropeller mit stärkerer Neigung haben oft eine progressive, über die Länge des Flügels zunehmende Neigung, die an der Flügelspitze 30° erreichen kann.

Die Neigung ist entweder linear oder progressiv.

Eine stärkere Neigung verbessert das Verhalten des Propellers bei Kavitation sowie bei Ventilation, die Auftritt, wenn ein Flügel die Wasseroberfläche durchstößt.

Dabei bündeln die Flügel das Wasser, das sonst durch die Fliehkraft nach außen weggeschleudert würde, besser als solche mit geringerer Neigung; der Schub ist deshalb stärker als bei ähnlichen Propellern mit geringerer Neigung.

Bei leichten, schnellen Booten mit höher montiertem Motor verbessert ein Propeller mit starker Neigung die Fahrleistungen, indem er den Bug stärker anhebt, was durch die kleinere benetzte Rumpffläche zu geringerem Wasserwiderstand und damit zu höheren Geschwindigkeiten führt.

Bei sehr leichten, schnellen Booten kann ein stark geneigter Propeller zuviel Auftrieb am Bug bringen und das Boot instabil machen. In diesem Fall hilft ein Propeller mit geringerer Neigung.

Cup



Ursprünglich wurden Propeller gecuppt, um dieselben Vorteile zu erzielen, die, wie eben beschrieben, mit progressiver oder starker Neigung erreicht werden.

Die Vorteile durch Cup sind trotzdem noch so bedeutend, dass fast alle modernen Propeller, sowohl für den Freizeitgebrauch als auch für Hochleistungs- oder Renneinsätze, Cup besitzen.

Durch Cup verringert sich die Vollastdrehzahl gegenüber einem identischen, nicht gecuppten Propeller um 150 bis 300/min. Eine Propeller-Servicewerkstatt kann Cup bei den meisten Propellern verstärken oder reduzieren, um die Motordrehzahl besonderen Einsatzbedingungen anzupassen.

Die beste Wirkung erzielt man, wenn der Cup vollständig konkav (auf der Vorder- bzw. Druckseite des Flügels) ist und mit einer scharfen Hinterkante abschließt. Jede konvexe Rundung an der Hinterkante des Cup verringert den Wirkungsgrad.

Bei Propellern für Arbeitsschiffe oder andere stark belastete Boote, bei denen der Propeller immer unter Wasser bleibt, bringt Cup kaum Vorteile.

Drehrichtung

Es gibt rechts- und linksdrehende Propeller. Die meisten Propeller von Außenbordern und Z-Antrieben drehen nach rechts.

Einen rechtsdrehenden Propeller erkennt man daran, dass von der Seite gesehen die Flügel von unten links nach oben rechts zeigen; beim linksdrehenden ist es umgekehrt.



Rechtsdrehender Propeller



Linksdrehender Propeller

Flügelzahl

Ein einflügeliger Propeller wäre am effizientesten - wenn nur die Vibrationen erträglich wären.

Um ein akzeptables Gleichgewicht und damit geringere Vibrationen zu erzielen, ist in der Praxis der Zweiflügler am günstigsten. Mit zunehmender Flügelzahl wird der Wirkungsgrad geringer, allerdings nehmen auch die Vibrationen ab.

Die meisten Propeller sind Dreiflügler; ein Kompromiss zwischen Wirkungsgrad, Vibrationen und Kosten.

Der Unterschied im Wirkungsgrad zwischen Zwei- und Dreiflüglern ist weniger gewichtig als der Gewinn an Laufruhe. Fast alle Rennpropeller sind heute Drei- oder Vierflügler.

Während der letzten Jahre haben wegen der zunehmenden Anzahl von Oberflächenpropellern vier- und fünfflügelige Propeller an Beliebtheit gewonnen. Sie unterdrücken die zunehmenden Vibrationen und bieten durch die größere Flügelfläche bessere Beschleunigungswerte. Außerdem wird der Effekt der Flügelneigung verstärkt, durch Anheben des Bugs das Boot schneller zu machen.

Ventilation

Ventilation tritt auf, wenn Luft von der Wasseroberfläche oder Abgase aus dem Auspuff in den Propeller gesaugt werden. Dadurch verringert sich die Last auf dem Propeller; der Motor überdreht, und der Schub nimmt ab. Gleichzeitig setzt an dem zu schnell drehenden Propeller massive Kavitation ein; dadurch verringert sich die Last weiter, bis der Propeller schließlich völlig den Kraftschluss mit dem Wasser verliert und jeglicher Schub ausbleibt.

Dieser Zustand hält so lange an, bis die Propellerdrehzahl durch Gaswegnehmen soweit verringert wird, dass die Luftblasen sich ablösen und zur Oberfläche steigen können. Das Problem tritt häufig in scharfen Kurven bei Gleitfahrt und bei extrem nach außen getrimmtem Antrieb auf.

Außenborder und Z-Antriebe haben über dem Propeller eine große, als Teil des Unterwassergehäuses ausgebildete Platte.



Diese Platte wird meist fälschlicherweise als Kavitationsplatte bezeichnet. In Wirklichkeit soll sie verhindern, dass Luft von der Oberfläche in die Unterdruckseite des Propellers gelangt.

Um Motor- und Fahrleistungen zu verbessern, haben die meisten QUICKSILVER-Propeller einen Naben-Auspuff, dessen Austrittsöffnung nach außen aufgeweitet oder mit einem sogenannten Abstrahlring versehen ist. Dies erzeugt eine ringförmige Überdruckzone, die den Austritt der Abgase erleichtert und den Rückfluss in den Propeller, eine weitere Form der Ventilation, verhindert.

Kavitation

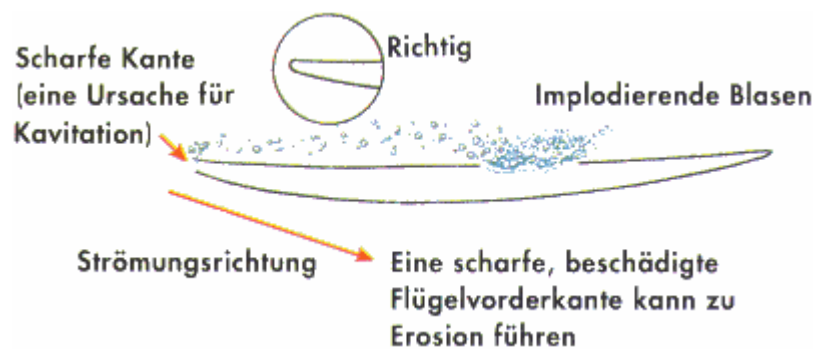
Bekanntlich kocht Wasser bei normalem Luftdruck bei 100°. Ist der Druck allerdings niedrig genug, kann es bereits bei Zimmertemperatur kochen.

Wenn sich ein Körper durchs Wasser bewegt, nimmt der Druck, den das Wasser auf seine Außenwände ausübt, mit zunehmender Geschwindigkeit ab. In Abhängigkeit von der Wassertemperatur ist der Druck irgendwann so gering, dass das Wasser in den dampfförmigen Zustand übergeht. Bei einem Propeller geschieht das meist in der Nähe der Flügelvorderkante. Sobald die Geschwindigkeit sich verringert und der Druck wieder ansteigt, reduziert sich die Dampfbildung.



Die Auslöser dieses Unterdrucks sind vielfältig, beispielsweise unzureichende Bearbeitung der Flügelflächen.

Massive Kavitation als solche ist selten und tritt bei einem Propeller auf, der verbogen oder durch eine abgebrochene Flügelspitze zu klein für den jeweiligen Motor ist.

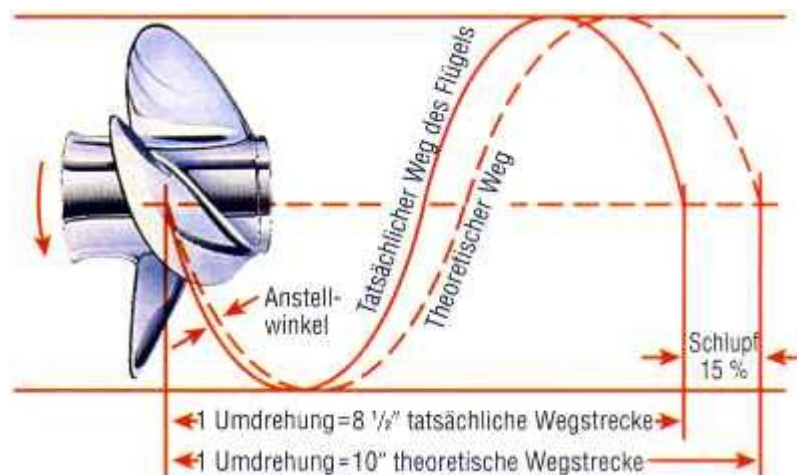


Obige Abbildung zeigt am Querschnitt eines Flügels ein Beispiel für Kavitation. Hier führt eine scharfe Flügelvorderkante zu Kavitation und weiter hinten am Flügel durch die Implosion der Dampfblasen schließlich zu Erosion. In solchen Fällen hilft es meist, die Vorderkante direkt vor den Kavitationsschäden zu reparieren oder abzurunden.

Kavitationsschäden können auch seitlich am Unterwasserteil des Antriebs auftreten. Hier ist die Ursache meist eine scharfe Kante vor dem betroffenen Bereich. Auch hier hilft das Abrunden der Kante.

Schlupf

Schlupf ist der am häufigsten missverstandene Begriff, wenn es um Propeller geht; wohl deshalb, weil er nach etwas Unangenehmem klingt. Schlupf ist jedoch kein Maß für den Wirkungsgrad eines Props, sondern der durch den Anstellwinkel bedingte Unterschied zwischen der theoretischen und der tatsächlichen Vorwärtsbewegung des Propellers. Ein Propeller mit einer Steigung von 10" bewegt sich bei einer Umdrehung tatsächlich nur 8 1/2" vorwärts. Das sind nur 85% der angegebenen Steigung; der Schlupf beträgt also 15%. Hätten die Propellerflügel keinen Anstellwinkel, gäbe es keinen Schlupf, aber, wie oben erläutert, auch keine Druckunterschiede und damit keinen Vortrieb.



Um diesen Druckunterschied zu erzeugen, muss ein gewisses Maß an Anstellwinkel bzw. Schlupf vorhanden sein. Das Ziel der Konstrukteure ist es, das richtige Maß zu finden, das bei etwa 4° liegt. Dazu müssen Propellerdurchmesser, Flügelfläche, Motorleistung und Propellerdrehzahl im richtigen Verhältnis zueinander stehen. Zu große Propellerdurchmesser und/oder Flügelfläche verringert den Anstellwinkel und damit auch den Wirkungsgrad; das Resultat sind schlechtere Fahrleistungen.

Diese PDF ist Eigentum von:

Wassersport Kellermann
37154 Northeim
Mittelweg 1
Tel.: 0 55 51 / 5 36 55
Fax: 0 55 51 / 5 20 28

www.wassersport-kellermann.de

Link zur Homepage:

<http://www.wassersport-kellermann.de/index2.htm?pages/motor/propeller/propterm.htm>