

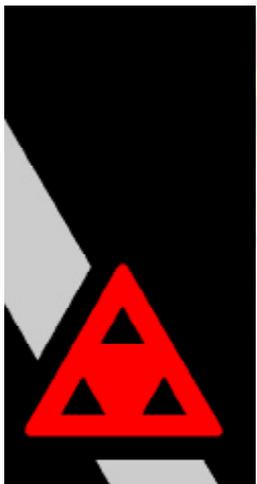
Trimmfibel

Mit dem Einstellen des Riggs und Trimmen der Segel versucht man, eine Yacht möglichst wirkungsvoll auf die augenblickliche Windgeschwindigkeit und Windrichtung einzustellen.

Zweck der Übung: schneller segeln und mehr Höhe laufen.

Mit richtig getrimmten, also optimal auf Wind und Welle eingestellten Segeln, liegt eine Yacht zudem noch sicherer auf dem Ruder. Sie ist leichter zu handhaben, und der vorzeitige Verschleiß der „Windmaschine“ wird vermindert.

Und schließlich macht das Trimmen auch ein Menge Freude, wenn es gelingt, alles aus seinem Schiff „herauszuholen“.



DAS RIGG RICHTIG EINSTELLEN

Bevor wir uns mit dem Trimmen der Segel beschäftigen, möchten wir Ihnen vorab einige Tips zum Stellen des Mastes und seiner Kontrolle durch die Stagen und Wanten geben:

Beide Riggarten, Topp- und 7/8-Takelung, unterscheiden sich hauptsächlich durch die unterschiedlichen Trimmvorrichtungen, mit denen sich Mastbiegung und Vorstagspannung verändern lassen.

Topp-Rigg: Diese Riggart wird heute hauptsächlich auf größeren Yachten eingesetzt. Ihre Vorteile sind: einfachere Handhabung und höhere Stabilität des Mastes.

An einem Topp-Rigg sind weniger Vorrichtungen zum Trimmen vorhanden. Es läßt sich also nicht so wirkungsvoll wie 7/8 -Taklungen auf die jeweiligen Gegebenheiten einstellen.

Das Einstellen der Wanten: Es werden zuerst die Oberwanten gespannt. Sie müssen grundsätzlich stärker gespannt werden als die Unterwanten, da sie auf Grund ihrer Länge stärker recken. Der Mast biegt sonst oberhalb der Saling zu stark nach Lee. Die Unterwanten begrenzen die Mastbiegung und verhindern, daß der Mast im Seegang nach vorne schwingt. Die Unterwanten werden so stark gespannt, daß der Mast in sich gerade ist. Er darf auf keinen Fall nach hinten biegen!

Vor- und Achterstag: Beim Aufriegen legt man über die Länge des Vorstags den Mastfall fest, also die Neigung des Mastes nach achtern. Die Spannung des Vorstags wird durch den Achterstagspanner eingestellt. Je stärker man das Achterstag durchsetzt, desto geringer wird der Durchhang des Vorstags.

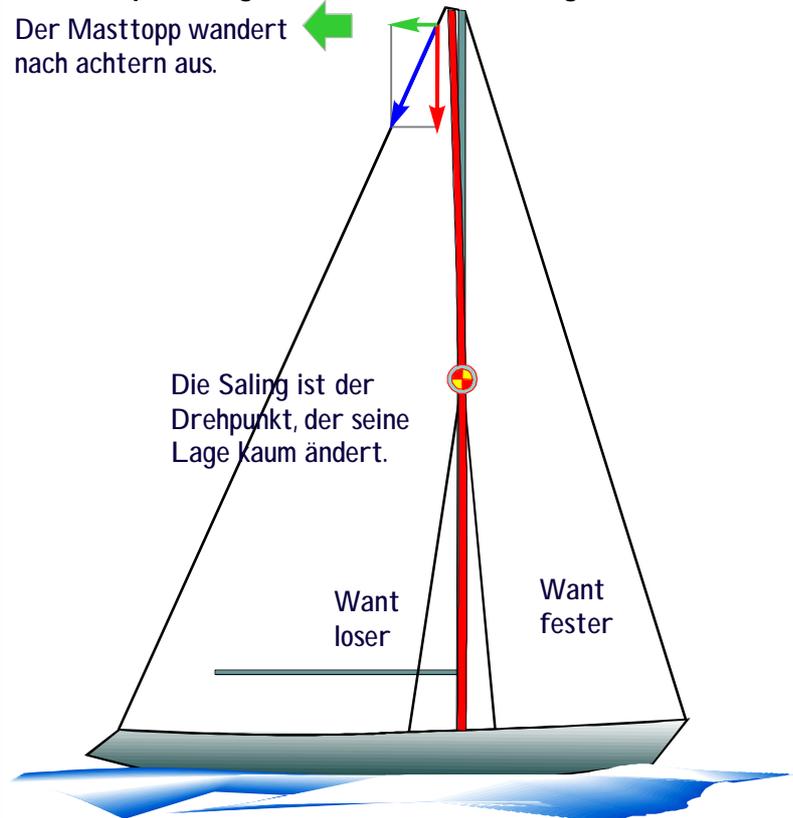
Ein gerades Vorstag hat folgende Vorteile:

- Man kann wesentlich höher am Wind segeln, da sich das Vorsegelprofil im vorderen Bereich flacher trimmen läßt.
- Rollgenuas bilden weniger schädliche Falten.
- Die Rollanlage wird geschont, weil unkontrollierte Schwingungen vermieden werden. Sie können die Mechanik vorzeitig verschleiben oder gar zu ihrem Bruch führen.

Diekow Segel

Mehr Spannung auf dem Achterstag

Der Masttop wandert nach achtern aus.



Die Saling ist der Drehpunkt, der seine Lage kaum ändert.

Want
loser

Want
fester

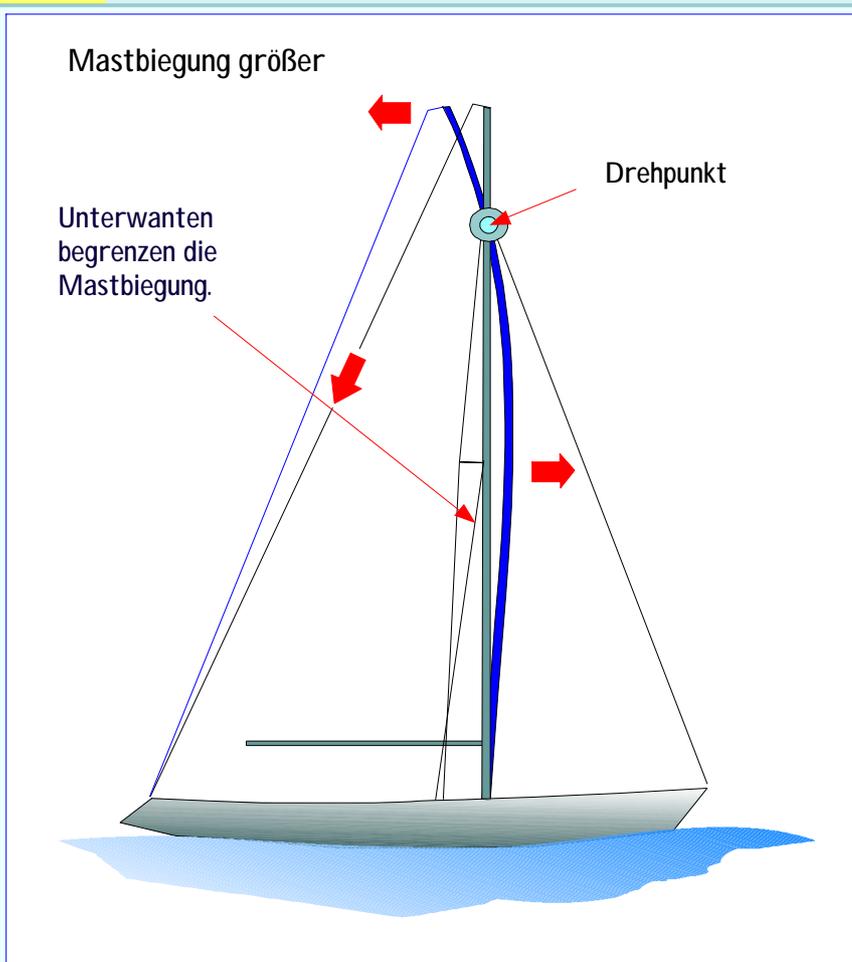
Mastbiegung beim Topp-Rigg und Veränderung der Vorstagspannung

Mit den Unterwanten und dem Babystag wird der Mast im Bereich der Saling fixiert. Je mehr Spannung Sie auf das Achterstag geben, um so stärker biegt sich der Mast. Beim Topp-Rigg sollte die Mastbiegung nie über eine Maststärke hinausgehen. 1/2 Maststärke ist ein üblicher Wert. Am Wind sollte maximale Spannung auf dem Achterstag gefahren werden. Damit wird insbesondere bei Yachten mit Rollreffanlage ein geringer Vorstagdurchhang erreicht.

Durchsetzen der Oberwanten:

Die Oberwanten werden im Hafen so gespannt, daß der Mast seitlich gerade steht. Dies läßt sich am besten mit Hilfe eines Bandmaßes kontrollieren. Der Feintrimm erfolgt am sinnvollsten beim Segeln! Biegt der Mast oberhalb der Saling nach Lee, wird der Wantenspanner des Leewants zwei Umdrehungen dichter gedreht. Nun wird gewendet. Zunächst einmal wird das andere Oberwant genauso gespannt. Dann wird kontrolliert, ob der Mast noch nach Lee biegt. Ist dies der Fall, wird der Vorgang wiederholt.

DAS RIGG EINSTELLEN



Kontrolle der Mastbiegung durch das Achterstag

Die Mastbiegung des 7/8-Riggs stellt man durch die Unterwanten und das Achterstag ein. Wird der Mast gebogen, dreht er sich zwischen zwei Punkten: dem Ansatzpunkt des Vorstags und dem Mastfuß.

Setzt man das Achterstag durch, wandert der Masttopp nach achtern und gleichzeitig der Salingsbereich nach vorn.

Die Mastbiegung kann im unteren Bereich durch ein stärkeres Durchsetzen der Unterwanten begrenzt werden.

Bei einem 7/8 Rigg und einer nach achtern gepfeiltten Saling, können große Probleme beim Betreiben einer Rollreiffanlage auftreten. Die Vorstagsspannung reicht hier meist nicht aus, um einen niedrigen Durchhang des Vorstags zu gewährleisten. Abhilfe schaffen hier nur Backstagen.

7/8 Rigg:

Dieses Rigg hat sich vor allem auf sportlichen Yachten durchgesetzt. Sind die Salings nach achtern gepfeilt, kann auf laufende Backstagen verzichtet werden, um die Handhabung der Yacht zu vereinfachen. Da sich diese Riggvariante für Fahrtensegler als guter Kompromiß bewährt hat, werden wir uns nur mit ihr beschäftigen.

Mit der Länge des Vorstags legt man den Mastfall fest, also die Neigung des Mastes nach achtern.

Die Oberwanten dagegen haben zwei Aufgaben:

- Sie geben dem Mast seitlichen Halt.
- Der Zug der Oberwanten erhöht die Spannung des Vorstags (und verringert damit seinen Durchhang), da ihre Püttings achterlich vom Mast sind.

Um eine dem Topp-Rigg vergleichbare Vorstagsspannung zu erreichen, müssen erheblich größere Kräfte aufgebracht werden, da die Zugwinkel der Oberwanten ungünstig spitz zum Vorstag angreifen.

Beim Maststellen werden als erstes die Oberwanten durchgesetzt. Um das Durchsetzen zu erleichtern, ist es sinnvoll, daß Achterstag stark durchzusetzen. Jetzt werden die Oberwanten durchgesetzt und anschließend das Achterstag wieder gelöst. Der Mast soll nun durch den Stauchdruck der Salinge um ca. eine Maststärke nach vorne durchbiegen. Die Unterwanten werden jetzt so weit durchgesetzt, daß der Mast wieder gerade ist.

Ist das Segel einmal eingestellt, soll es sich möglichst nicht mehr verändern. Voraussetzung hierfür sind Schoten und Fallen mit möglichst geringem Reck. Als ideales Material hat sich Tauwerk aus der neuartigen Faser „Dyneema“ bewährt. Es hält wesentlich länger als das ebenfalls äußerst dehnungsarme „Kevlar“, läßt sich sehr angenehm handhaben und ist aufgrund der großen Nachfrage relativ preisgünstig geworden. Es sollte auch darauf geachtet werden, daß die Scheibendurchmesser der Blöcke möglichst groß und die Scheiben kugeligelagert sind. Durch die geringere Reibung wird das Trimmen einfacher und die Lebensdauer des Tauwerks erhöht.

Tips zum Trimmen von Genua und Groß: Nachdem das Rigg richtig eingestellt ist, kommen wir nun zum Antrieb: den Segeln.

Jede Windgeschwindigkeit, Windrichtung und jedes Wellenbild erfordert einen anderen Segeltrimm. Alle Gegebenheiten zu erläutern, würde ein Lehrbuch füllen. Wir geben deshalb nur Tips zu den wesentlichen Bedingungen.

Segeltrimm bei leichtem Wind: Das Boot macht relativ wenig Fahrt durchs Wasser. Kiel und Ruder leisten dann „hydrodynamisch“ auch nur wenig Auftrieb, das bedeutet: Die Abdrift wird relativ groß, und das Schiff kann nicht die optimale Höhe am Wind erreichen. Es lohnt sich dann nicht zu „kneifen“, also mit dichtgeholten, wenig vortriebsstarken Segeln zu fahren.

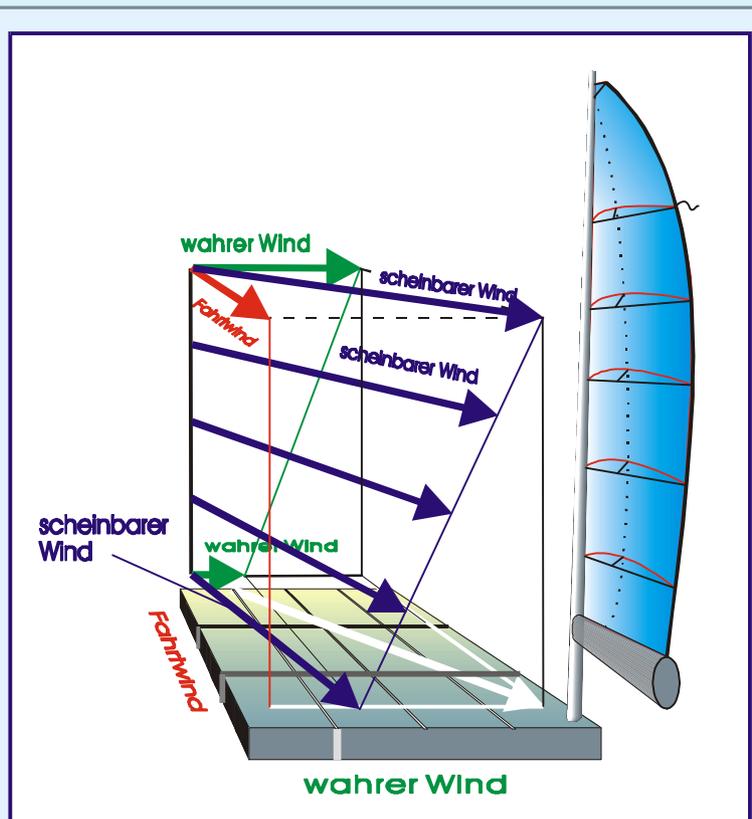
Ein bauchiges Segelprofil liefert mehr Vortrieb als ein flaches – allerdings auch mehr Krängung. Da jedoch in schwachem Wind kaum Krängung auftritt, sollte man das Profil so voll wie möglich fahren, um so viel Leistung wie möglich aus den Segeln herauszuholen.

Außerdem ist ein bauchiges Segel unempfindlicher gegen Störungen der Luftströmung. Solche Störungen treten beispielsweise dann auf, wenn das Schiff im Schwell schlingert und Fahrt verliert.

Sobald es jedoch wieder Fahrt zu machen beginnt und sich die Strömung um Kiel und Ruderblatt stabilisiert, verringert sich auch die Abdrift. Dann kann wieder etwas angeluvt und die Segel können etwas dichter geholt werden.

Tips zum Trimm des Vorsegels: Das Vorsegel sollte hinter dem Vorliek eine möglichst volle, runde Form annehmen. Deshalb setzt man das Genuafall nur wenig durch, und zwar so, daß noch leichte Falten an den Stagreitern zu sehen sind. Auch die Schot wird relativ lose gefahren. Außerdem schiebt man den Holepunkt (Schotschlitten) etwas nach achtern, um den Twist, also die Verwindung des Achterlieks, zu erhöhen.

Tips zum Trimmen des Großsegels: Hier gelten im Prinzip die gleichen Maßnahmen wie für die Genua: Fall und Vorliek locker durchsetzen und den Zug der Großschot nach unten möglichst gering halten - also den Traveller möglichst weit in Luv fahren.



Windkomponenten und Twist

Der Wind, den Sie beim Segeln spüren, ist der „scheinbare“ Wind. Er ist die resultierende Komponente aus dem Fahrtwind und dem „wahren“ Wind: der dann vorhanden ist, wenn das Schiff beispielsweise vor Anker liegt.

Der Einfallswinkel des scheinbaren Windes ändert sich mit der Höhe der Segel: Die bremsende Wirkung der Wasseroberfläche nimmt nach oben hin ab und damit die Windgeschwindigkeit zu. Das hat zur Folge (siehe Vektoren), daß der scheinbare Wind im Verlauf des Vorlieks zum Masttopp hin immer weiter nach Luv dreht:

Diese unterschiedliche Anströmung des Profils von unten nach oben muß mit Hilfe der Verwindung des Segels – des Twistes – möglichst genau angeglichen werden, damit es in allen Bereichen sauber umströmt wird und Vortrieb leisten kann. Das Einstellen des Twistes für das Großsegel geschieht für Kurse am Wind durch die Schot. Es ist die Hauptaufgabe dieser „Trimmvorrichtung“.

Daumenregel: Die Großschot wird so weit dichtgeholt, bis die obere Segellatte (in etwa) parallel zum Großbaum verläuft.

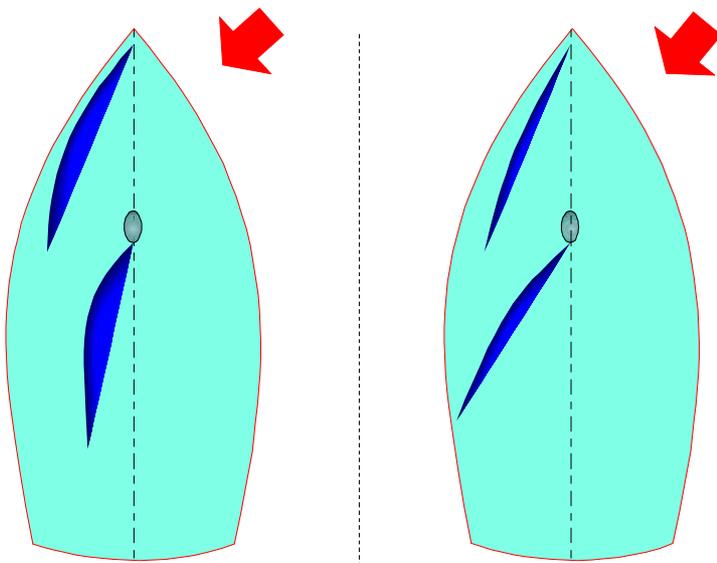


MITTELWIND & STARKWIND

Trimm tips für Mittelwind: Macht ein Boot Fahrt durchs Wasser, stabilisiert die Anströmung Kiel und Ruderblatt. Die Abdrift wird durch die hydrodynamischen Kräfte stark verringert und die erreichbare Höhe am Wind hängt dann ausschließlich vom Trimm der Genua und

des Großsegels ab. Die Strömung am Profil der Segel reagiert nicht mehr so empfindlich wie in leichten Winden, sie können dichter und damit vortriebsstärker gefahren werden.

Mittlerer Wind ca 3 – 5
Windstärken



Bauchige Segel erzeugen maximalen Vortrieb.

Auch das flache Großsegel muß bei zunehmender Krängung aufgefiert werden, um den Anstellwinkel zu verringern.

Segeln bei mäßigem Wind

Der stärker werdende wahre Wind führt dazu, daß der Unterschied zwischen den Einfallswinkeln im unteren und oberen Bereich des Segels geringer wird. Das ist der Grund, warum das Segel flacher, mit weniger Twist getrimmt und die Großschot härter durchgesetzt wird.

In der linken Abbildung segelt die Yacht mit vollem Profil und geringer Krängung.

In zunehmendem Wind (rechts) werden die Segel entsprechend der Krängung flacher getrimmt, der Twist verringert und das Groß mit Hilfe des Travellers geöffnet.

Für den Trimm der Segel heißt das:

- Die Spannung des Vorlieks durch das Fall erhöhen, um das Profil flacher zu machen und die Schoten dichter holen.
- Das Großsegel wird nun mit mehr „Druck“ gefahren. Der Traveller ist weiter in Lee, und die Schot wird dichter geholt, um den Twist zu verringern.

Wird die Krängung zu groß (über ~20 Grad) und der Ruderdruck zu hoch, wird zunächst der Traveller nach Lee gefiert. Dadurch verkleinert man den Anstellwinkel und nimmt Druck aus dem Segel. Reicht das Fieren nicht mehr aus, ist es Zeit zum Reffen.

Segeln bei Starkwind: Nimmt der Winddruck weiter zu, so daß alle Maßnahmen, wie der flache Trimm des Profils und das Fieren des Travellers nach Lee, eine weitere Zunahme von Krängung und Ruderdruck nicht verhindern können, ist das erste Reff und/oder der Wechsel zu einem kleineren Vorsegel fällig.

Übermäßige Krängung und starke Ruderlage vermindern die Geschwindigkeit drastisch und führt gleichzeitig zu einer starken Erhöhung der Abdrift.

Außerdem werden mit dem Reffen Rigg, Beschläge und das laufende Gut geschont, da die auftretenden Kräfte erheblich abnehmen. Durch den verringerten Ruderdruck läßt sich die Yacht wesentlich feinfühlicher und genauer steuern.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Segelfläche einer Yacht zu verringern. Ohne Rollreffanlage sollte zunächst die Genua verkleinert werden. Das hat zwei Vorteile: Das Tuch des Segels wird nicht überlastet, und man muß sich in zunehmenden Winden nicht mit einer zu großen Segelfläche abplagen.

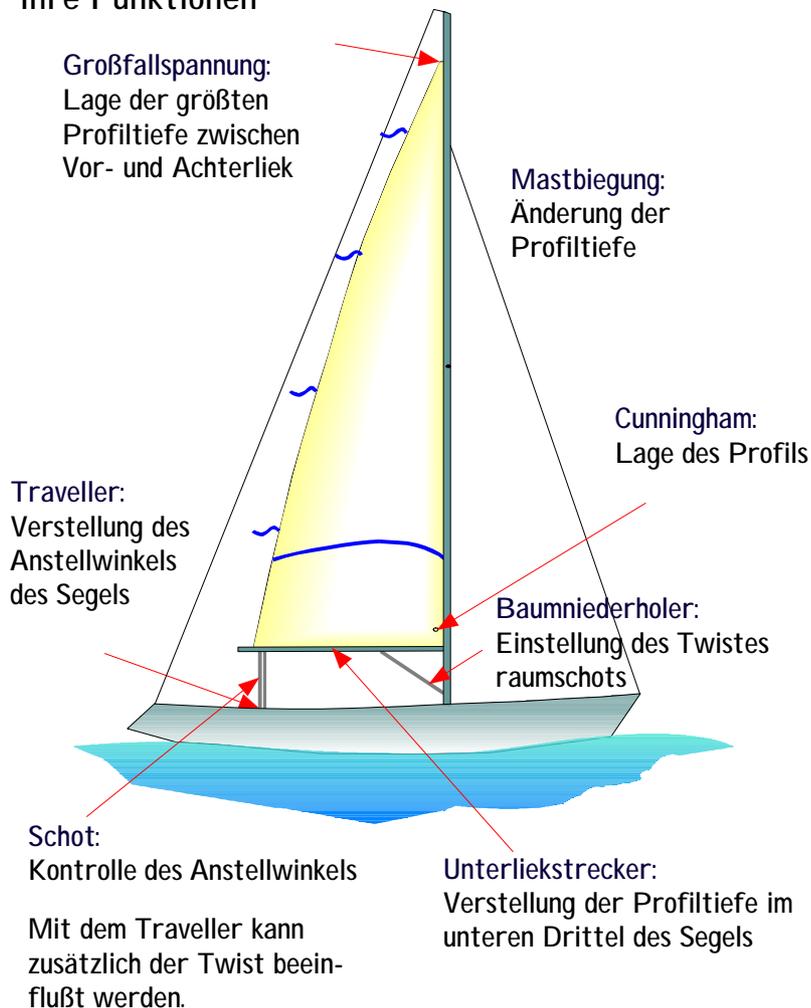
Auf Yachten mit einer Rollreffgenua empfiehlt es sich, zuerst die Fläche des Großsegels zu verringern, da solche Vorsegel ungerefft besser stehen, aus festerem, belastungsfähigerem Tuch sind und schnell vom Cockpit aus mühelos eingerollt werden können.

Das Großsegel wird hauptsächlich mit dem laufenden Gut getrimmt. Auf 7/8-tel getakelten Booten kommt noch die Mastbiegung hinzu. Wann welcher Strecker der richtige ist, erklären wir nun im einzelnen.

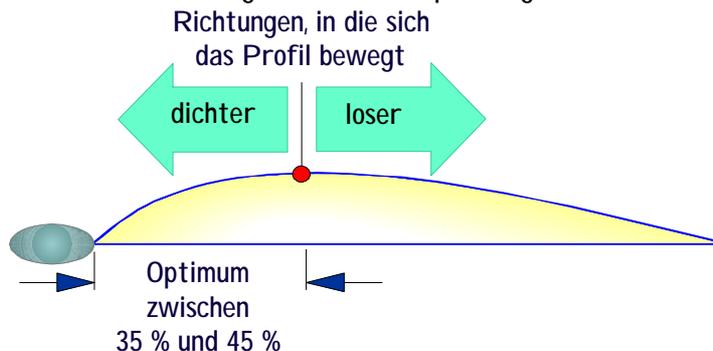
Das Großfall: Die Aufgaben des Großfalls gehen über das Setzen des Segels weit hinaus. Mit der sich aus der Großfallspannung ergebenden Vorliekspannung wird sowohl die Profiltiefe, als auch die Anschnittkante des Segels beeinflusst. Beim Setzen des Segels wird das Fall so stark durchgesetzt, daß sich eine leichte Falte parallel zum Vorliek bildet. Diese Falte wird beim Dichtholen der Großschot verschwinden. Das Vorliek sollte auf keinen Fall zwischen den Mastrutschern durchhängen. Wird das Fall von dieser Grundeinstellung aus stärker durchgesetzt, so wandert der Profilschwerpunkt weiter nach vorne. Das Optimum liegt zwischen 35% und 45%. Der Profilschwerpunkt soll bei zunehmendem Wind weiter nach vorne wandern. Entsprechend muß das Großfall bei zunehmendem Wind immer stärker durchgesetzt werden. Gleichzeitig wird die Anschnittkante des Segels runder. Beim Segeln raumschots und vor dem Wind bildet sich eine Falte parallel zum Vorliek. Um dies zu verhindern, sollte das Fall auf solchen Kursen so weit gefiert werden, bis die Falte verschwunden ist. Vor dem Anluven wird das Fall wieder durchgesetzt. Um diesen Vorgang zu vereinfachen, ist es ratsam, sich eine Cunningham-Kausch in das Segel einbauen zu lassen.

Das Cunningham: Das Cunningham ist eine Kausch am Vorliek des Großsegels. Sie sitzt ca. 20 – 30 cm über dem Hals. Das Cunningham wirkt im Prinzip wie ein „Großfall von unten“. Es hat auf das Profil den gleichen Einfluß wie das Großfall. Der erhebliche Vorteil liegt darin, daß beim Dichtholen nicht gegen den Zug von Großschot und Baumniederholer angezogen werden muß. Es muß für den gleichen Trimmeffekt nur ein Bruchteil der Kraft aufgewendet werden. Eine Cunningham Kausch läßt sich in fast jedes Segel mit geringem Aufwand nachrüsten. Der Cunningham-Stecker wird wie eine Reffleine möglichst nach achtern ins Cockpit umgelenkt.

Trimmeinrichtungen am Großsegel und ihre Funktionen



Profiländerung durch Vorliekspannung



Großfall und Vorliekstrecker „Cunningham“

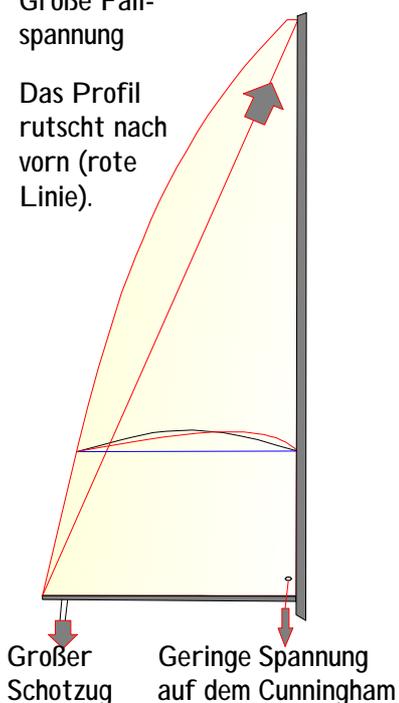
Mit Hilfe des Falls und (oder) des Cunninghams wird die Spannung des Vorlieks verändert: Eine hohe Spannung bewegt den „Bauch“, also die größte Profiltiefe zum Mast hin, eine geringere nach achtern. Gleichzeitig wird mit einer hohen Spannung die Anschnittkante des Profils vorn runder.



DER TRIMM DES GROßSEGELS

Große Fallspannung

Das Profil rutscht nach vorn (rote Linie).



Vorliekstreckgerät oder Cunningham

Seine Wirkung entspricht dem des Großfalls. Der Unterschied zum Fall liegt in seiner Funktionsweise: Mit dem Fall läßt sich das Vorliek nur schwer durchsetzen, vor allem bei starkem Winddruck. Da das Cunningham knapp (ca. 20 Zentimeter) über dem Hals des Segels sitzt, muß es nur geringe Reibungskräfte überwinden und nicht gegen Fall und Baumniederholer anziehen. Der Kraftaufwand wird also wesentlich geringer.

Die Kausch des Cunninghams läßt sich jederzeit mit geringem Aufwand nachrücken. Sie wird etwa 20 bis 30 Zentimeter über dem Hals des Segels eingesetzt.

Baumniederholer

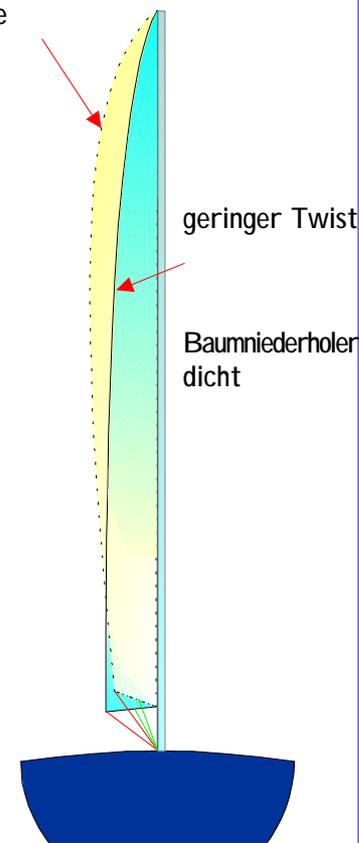
Der Baumniederholer wird hauptsächlich zwischen Kursen halb am Wind und vor dem Wind eingesetzt. Auf diesen Kursen dient er zum Einstellen des Twistes und verhindert ein übermäßiges Steigen des Baumes. Die am Wind nach unten gerichtete Kraft der Großschot, die den Twist hier kontrolliert, fehlt raumschots und muß durch den Baumniederholer ersetzt werden. Bei raumem Wind dient die Großschot nur zum Einstellen des Anstellwinkels.

Der Baumniederholer hat die richtige Spannung erreicht, wenn beim Auffieren der Großschot das Vorliek im oberen und im unteren Bereich gleichzeitig einfällt.

Bei leichtem Wind wird der Baumniederholer lose gefahren. Das Gewicht des Baums reicht dann aus, um ein Steigen des Großbaums zu verhindern.

Großer Twist

Baumniederholer lose



Der Unterliekstreckgerät: Die Wirkung des Unterliekstreckers ist sehr viel geringer als allgemein angenommen; er hat lediglich einen Einfluß auf das unterste Drittel des Segels. Er sollte, außer bei sehr leichtem Wind, immer stark durchgesetzt werden.

Hinweis Bitte achten Sie darauf, daß das Cunningham zum Segelsetzen vollkommen gelöst ist.

Die Großschot: Mit der Großschot wird auf Kursen am Wind der Twist, also das Maß der Verwindung des Achterlieks, eingestellt. Eine große Hilfe zur Kontrolle des Twistes sind Windfäden am Achterliek. Sie werden etwa auf Höhe der Segellatten angebracht.

Wehen die Windfäden nicht alle gleichmäßig nach achtern aus, ist die Großschot zu dicht geholt: Der Twist ist zu gering, das Achterliek wird zu stark geschlossen und das Boot zu luvgerig.

Dann muß man so lange auffieren, bis gerade alle Fäden gleichmäßig auszuwehen beginnen. Fiert man noch weiter auf, wehen zwar die Fäden weiter aus, aber der Twist ist dann nicht mehr optimal: Das Segel verliert an Vortrieb.

Weitere Tips zur richtigen Einstellung des Twistes:

- Die Schot so weit durchholen, bis die oberste Segellatte in etwa parallel zum Baum verläuft. Der Baum darf jedoch niemals über die Mittschiffslinie geholt werden.
- Im Seegang darf der oberste Windfaden etwa ein Drittel der Zeit nach Lee wegklappen.
- Wird die Krängung zu groß, muß der Anstellwinkel des Segels vergrößert werden. Auf Yachten ohne Traveller geschieht dies durch Auffieren der Schot. Dabei sollte der Baumniederholer leicht durchgesetzt sein, um ein Steigen des Baumes zu verhindern.

Auf raumen Kursen fiert man die Großschot bei durchgesetztem Baumniederholer so weit auf, daß das Tuch am Vorliek gerade noch nicht einfällt.

Der Traveller: Er ist die wirkungsvollste Vorrichtung, den Anstellwinkel des Großsegels am Wind einzustellen, und zwar ohne den Twist zu verändern. Der Twist wird ausschließlich durch die Großschot kontrolliert.

Der Traveller sollte so weit nach Luv geholt werden, bis der Großbaum fast mittschiffs steht.

Bei zunehmendem Wind fiert man ihn nach Lee, verkleinert also den Anstellwinkel. Auf diese Weise wird der Druck im Segel verringert und damit gleichzeitig die Krängung.

Man gewinnt dadurch drei Vorteile:

- geringere Abdrift durch weniger Krängung
- weniger Ruderdruck, weil die Querkraft herabgesetzt wird und beides zusammen bewirkt
- mehr Geschwindigkeit.

Tip Der Traveller sollte nur so weit nach Lee gefiert werden, bis der Achterlieksbereich mit den Segellatten, ohne zu schlagen, steht. Ein Gegenbauch im Groß ist auf jeden Fall besser als zuviel Krängung.

Läßt sich ein Schlagen des Segels nicht mehr verhindern, wird es Zeit zum Reffen.

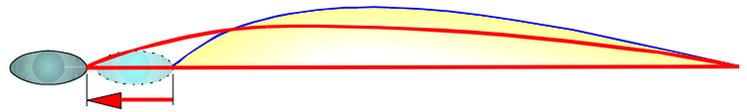


Bauchiges Groß für leichten Wind



Großsegel durch Mastbiegung flach und offen getrimmt

Der Mast in Höhe der Saling



Die Mastbiegung wird größer \Leftrightarrow Das Segel wird flacher

Mastbiegung

Die richtige Mastbiegung wird bei 7/8- und Topp-Riggs auf unterschiedliche Weise erreicht.

Mastbiegung bei 7/8-Riggs

Mit der Biegung des Mastes läßt sich die optimale Profiltiefe des Großsegels besonders wirkungsvoll einstellen. Ein stark gebogener Mast macht das Profil flach, ein gerader hält es bauchiger.

Die richtige Profiltiefe hängt vor allem von der Windstärke ab: Bei leichtem Wind fährt man ein volleres Profil, um seine erhöhte Vortriebsleistung zu nutzen.

Nimmt die Windstärke zu und damit Ruderdruck und Krängung, muß „Power“ aus dem Segel genommen werden, indem man über die Mastbiegung das Profil flacher einstellt und über den Traveller den Anstellwinkel vergrößert.

Mit der Biegung des Mastes vergrößert sich der Abstand zwischen Vor- und Achterliek: Das Profil wird auseinandergezogen, also zwangsläufig flacher. Gleichzeitig verkürzt sich der Abstand zwischen Masttopp und Schothorn. Das Achterliek bekommt mehr Lose: Es wird geöffnet, der Twist erhöht und dadurch Druck aus dem Segel genommen.

Beginnen sich allerdings strahlenförmige Falten vom Schothorn aus zu bilden, wird es Zeit zum Reffen.

Ein flaches Großsegel mit höherem Twist ist für stärkeren Wind richtig eingestellt. Krängung und Ruderdruck sind dann geringer.

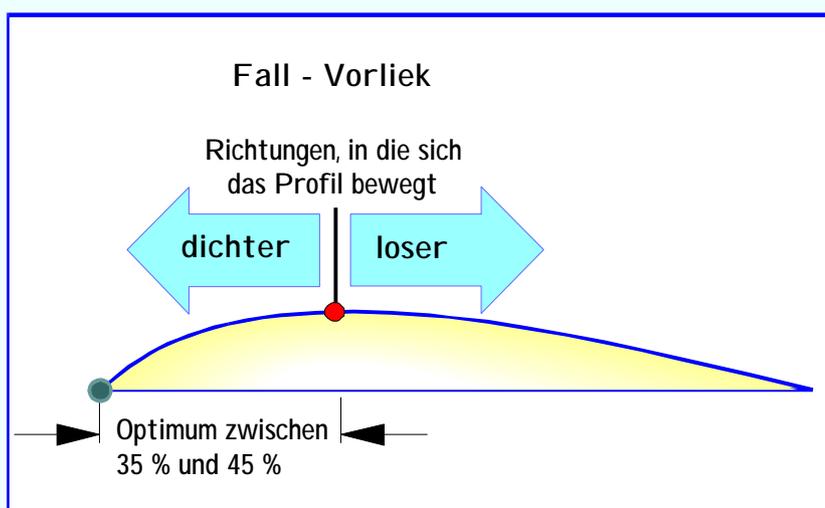
Auf raumen Kursen ist ein volleres Profil günstiger. Das Achterstag wird also nur „handwarm“ gefahren.

Die Wirkung der Mastbiegung bei Topp-Riggs

Hier gilt im wesentlichen das gleiche wie für 7/8-Riggs. Allerdings lassen sich toppgetakelte Masten während des Segelns nicht mehr verstellen. Die Mastbiegung wird zum Mastsetzen mit Hilfe der vorderen Unterwanten und/oder des Babystags festgelegt und dann beibehalten. Die Profilveränderungen erreicht man durch Fallspannung, Cunningham, Schot oder Unterliekstrecker.



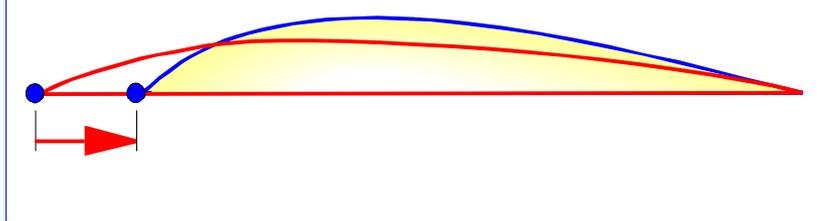
VORSEGEL-TRIMM



Veränderung des Segelprofils durch die Fallspannung

Eine hohe Spannung verlagert den „Bauch“ zum Vorstag hin, eine niedrige läßt ihn dagegen nach achtern wandern. Gleichzeitig wird mit einer hohen Spannung das Profil vorn runder. Sie ist zu hoch, wenn sich im Tuch am Vorliek Längsfalten bilden.

Das Vorstag hängt stärker durch \Leftrightarrow Das Segel wird bauchiger



Veränderung des Segelprofils durch die Spannung des Vorstags

Mit der Spannung des Vorstags bestimmt man die Stärke der Rundung des Segelprofils. Da es unter fast allen Bedingungen vorn flach sein sollte, ist eine möglichst hohe Vorstagspannung vorteilhaft. Dies gilt besonders für Yachten mit Rollreiffanlage. Ein zu großer Durchhang des Stags führt durch Vibration zu übermäßigem Verschleiß.

Auf topgetakelten Yachten läßt sich das Vorstag bis zu einem gewissen Grad über den Achterstagspanner durchsetzen. Bei 7/8-Riggs ist die Spannung der Oberwanten und vor allem der Backstagen für den Durchhang des Vorstags verantwortlich. Das Achterstag hat hierauf nur wenig Einfluß.

Das Vorsegel wird hauptsächlich mit dem laufenden Gut und dem Vorstag eingestellt. Wesentliche Unterschiede in der Wirkung auf das Vorsegel gibt es bei den Trimmvorrichtungen von 7/8- und Topp-Rigg nicht.

Das Genuafall: Mit dem Fall wird hauptsächlich die Lage der größten Profiltiefe zwischen Vor- und Achterliek eingestellt. Ist das Fall nur leicht durchgesetzt, erhält man ein bauchiges Segel. Der tiefste Punkt des Profils liegt dann relativ weit hinten. Dieser Trimm ist für sehr leichten Wind genau richtig. Erhöht man mit zunehmender Windstärke die Fallspannung, wandert die größte Profiltiefe weiter nach vorn.

Die richtige Fallspannung läßt sich gut am Vorliek ablesen: Außer bei sehr leichtem Wind sollten am Vorliek keine horizontalen Falten sichtbar sein. Ist das Fall zu hart durchgesetzt, bekommt das Segel direkt hinter dem Vorstag eine starke Rundung. Sie wirkt sich auf den Vortrieb nachteilig aus. Zudem besteht dann die Gefahr, daß das Segel ausreißt.

Funktionen der Trimmeinrichtungen auf einen Blick:

Fallspannung	Lage der größten Profiltiefe und Form (Anschnittkante) des Profils im vorderen Bereich des Segels
Spannung des Vorstags:	Veränderung der Profilform
Schotzug:	Kontrolle des Twistes und Veränderung des Anstellwinkels
Holepunkt:	Einstellen der Achterlieksöffnung und des Profilverlaufs.

VORSEGEL - TRIMM

Diekow Segel

Der Holepunkt: Über den Holepunkt stellt man die Verwindung des Vorsegels, also den Twist, ein. Wird der Holepunkt nach achtern verschoben, vergrößert man den Twist und öffnet das Achterliek. Verlagert man ihn nach vorn, wird das Achterliek geschlossen.

Um die Position des Holepunktes richtig einzustellen, stehen drei Hilfen zur Verfügung:

- Man denkt sich eine Linie, die in Richtung der Schot über das Segel bis zur Mitte des Vorlieks verläuft.
- Die zweite Methode ist etwas genauer: Man setzt die Längen von Achter- und Unterliek ins Verhältnis zueinander. Der Schotwinkel ergibt sich dann aus der abgebildeten Formel.

Tip Markieren Sie den einmal errechneten Winkel am Schothorn mit Tape oder einem Marker. Das erleichtert das Einstellen - vor allem bei Dunkelheit.

- Die dritte Methode ist die genaueste und berücksichtigt als einzige auch die unterschiedlichen Windverhältnisse:

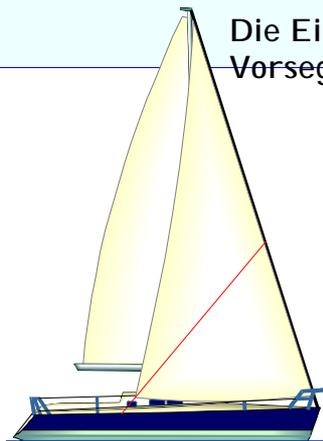
Hierzu bringt man in der Nähe des Vorlieks zwei Paar Windfäden in unterschiedlicher Höhe an: die unteren beiden auf etwa einem Viertel der Länge des Vorlieks und das obere auf ca. dreiviertel seiner Länge. Zum Vorliek sollten die Fäden einen Abstand von etwa 30 Zentimetern haben und nicht hinter einem Stagreiter angebracht sein. Man hat nun darauf zu achten, daß die Fäden des unteren Paares stets parallel auswehen. Steigt beim oberen Paar der Luv-Faden, ist der Holepunkt zu weit achtern. Steigt der Lee-Faden, ist der Holepunkt zu weit vorn.

Bewegen sich beide Fadenpaare genau gleich, stimmt der Holepunkt.

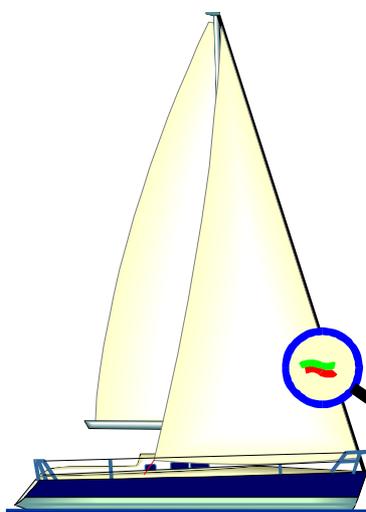
Die Genuaschot: Die Einstellung der Genuaschot erfordert viel Erfahrung und Feingefühl. Um die optimale Schotspannung herauszufinden, ist es sinnvoll, das Speedometer beim Trimmen zu beobachten. Um den Trimm immer wieder zu finden, gibt es mehrere Anhaltspunkte:

- Der Abstand des Segels von der Saling
- Der Abstand des Unterlieks vom Oberwant
- Markierungen auf der Schot

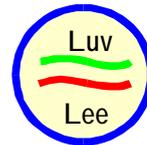
Die Einstellung des Vorsegelholepunktes



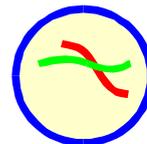
Die Schot verläuft in der Verlängerung einer gedachten Linie von der Schotkause zu einem Punkt auf halber Vorlieklänge.



zu stark angeluvt: der Faden in Luv steigt

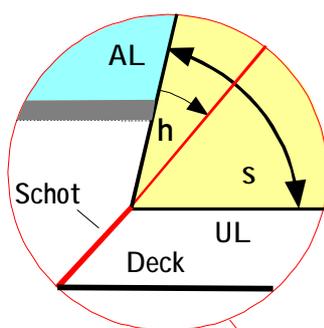


richtig: die Strömung liegt an beiden Seiten an zu stark abgefallen: der Lee-Faden steigt



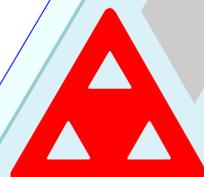
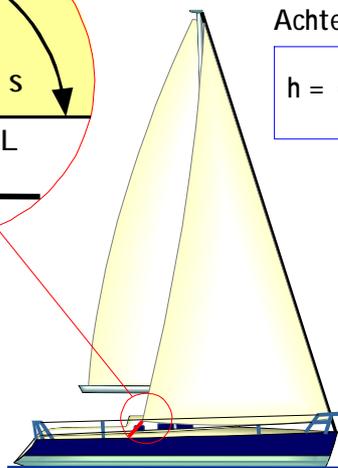
Windfäden

Windfäden ermöglichen auf einfache Weise den optimalen Trimm des Segels am Wind. Außerdem läßt sich mit ihrer Hilfe die genaue Position des Holepunktes auf der Schiene feststellen.



- AL = Achterliek in m
- UL = Unterliek in m
- s = Schotwinkel in Grad
- h = Winkel der Schot vom Achterliek aus in Grad

$$h = \frac{s \cdot UL}{2 \cdot AL}$$



DIE UNSICHTBARE KRAFT

Theoretische Grundlagen des Segeltrimms

Die aerodynamischen Vorgänge in der Öffnung zwischen Vor- und Großsegel sind der Schlüssel zum Verständnis des Segeltrimms. Vor allem die neueren, aus der Flugtechnik stammenden Erkenntnisse sind besonders interessant und für Segler geradezu spannend. Wer sie kennt, wird die Segelmaschine seines Bootes besser beherrschen.

Segler nennen allgemein die Öffnung zwischen Vor- und Großsegel „Düse“, weil angeblich in der trichterförmigen Verengung die anströmende Luft beschleunigt wird. Sie tritt demnach mit höherer Geschwindigkeit auf das Großsegel und bewirkt eine Zunahme des Vortriebs. Dies ist zwar einleuchtend aber falsch.

In Wirklichkeit wird die Luftmasse in der Verengung nicht, wie in einer wirklichen Düse, zusammengepreßt und dadurch beschleunigt, sondern gebremst und teilweise sogar gestaut: Die geringen Geschwindigkeiten segelnder Boote reichen zum Komprimieren der Luft nämlich bei weitem nicht aus. Und wäre der Spalt zwischen Groß- und Vorsegel wirklich eine Düse, würde man kaum am Wind segeln können.

Die Gründe hierfür lassen sich auch ohne Mathematik und aerodynamische Vorkenntnisse leicht erklären: Da also die trichterförmige Verengung zwischen Groß und Vorsegel einen Teil der anströmenden Luft nicht durchläßt, muß diese Luftmasse ausweichen und das Hindernis irgendwie umgehen. Aber wohin?

Die einzige Möglichkeit ist der Weg nach vorn – und zwar über die Leeseite des Vorsegels: Dort herrscht ein wesentlich geringerer Druck, als auf der Luvseite beider Segel. Weil aber Luft, genauso wie Wasser, nicht bergauf fließen kann, ist sie gezwungen, talwärts zu strömen, zum Tief der Leeseite, in die sie regelrecht gesaugt wird.

Zu den Druckunterschieden zwischen der Luv- und Leeseite eines Segels kommt es durch die unterschiedlich hohen Geschwindigkeiten der umströmenden Luft. Werden Luftmassen über einer Fläche beschleunigt, entsteht in diesem Bereich Unterdruck, beim Abbremsen der Strömung dagegen Überdruck, so hat es bereits Bernoulli im 18. Jahrhundert herausgefunden.

Beschleunigt wird die Luftmasse immer dann, wenn das Profil des Segels zur allgemeinen Strömungsrichtung angestellt ist. Dann haben die der Krümmung folgenden Luftteilchen der Leeseite einen längeren Weg, als die Luftteilchen der Luvseite zurückzulegen. Sie müssen sich „beeilen“, um mit der über die Luvseite fließenden Luft rechtzeitig am Achterliek anzukommen. Sonst würde dort ein „Loch“ entstehen,

das es in der Physik nicht geben kann. Der so erzeugte Unterdruck wird durch die zusätzliche, aus dem „Hoch“ des Spaltes beider Segel mit großer Geschwindigkeit angesaugten Luft wesentlich erhöht, da sie einen noch längeren Weg um das Profil zum Achterliek zurücklegen muß.

Warum folgt eigentlich die Luftmasse der Krümmung des Profils und fließt nicht einfach gradlinig weiter?

Der Grund ist ein weiteres Phänomen: das Vermögen von Fluiden wie Luft oder Wasser an umströmten Flächen zu haften und das Bestreben der Moleküle gleichzeitig aneinander festzuhalten. Diese als Zähigkeit oder Adhäsion bezeichnete Eigenschaft ist bei den meisten Flüssigkeiten sehr unterschiedlich. Sie ist das Maß der Leichtflüssigkeit eines Mediums. Sirup beispielsweise hat eine sehr hohe Zähigkeit, während das Fluidum Luft – physikalisch gesehen ist es „trockenes Wasser“ –, extrem leichtflüssig ist.

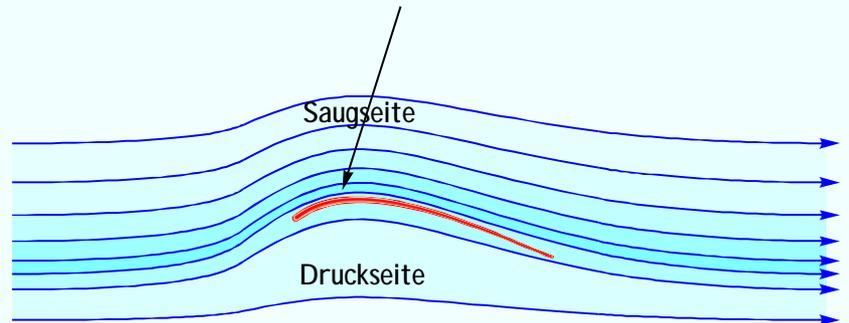
Zurück zum Segel: Während der Anströmung bildet die Luft eine sehr dünne, nur Bruchteile eines Millimeters dünne Haftschrift, die das Profil wie eine Haut umgibt und die Strömungsgeschwindigkeit Null hat. Sie ist mit weiteren Luftschichten überlagert, die nach außen hin mit zunehmender Geschwindigkeit strömen, bis sie wieder so schnell wie die Außenströmung sind.

Diese flächennahe, durch die Zähigkeit beeinflusste Strömung bestimmter Dicke bezeichnet man als Reibungs- oder Grenzschicht. Sie bewirkt, daß auch nicht profilierte Flächen, wie beispielsweise eine in den Wind gehaltene Platte, Auftrieb bekommt, wenn sie mit einem bestimmten Winkel zur Strömung ange stellt wird. Genauso läßt sich die Tatsache erklären, warum man mit einem gleichmäßig profilierten, drehbar gelagerten Mast Vortrieb erzeugen kann. Durch den Anstellwinkel wird für die Luftströmung die Leeseite verlängert: Sie muß schneller strömen. Es entsteht Unterdruck und damit Vortrieb.

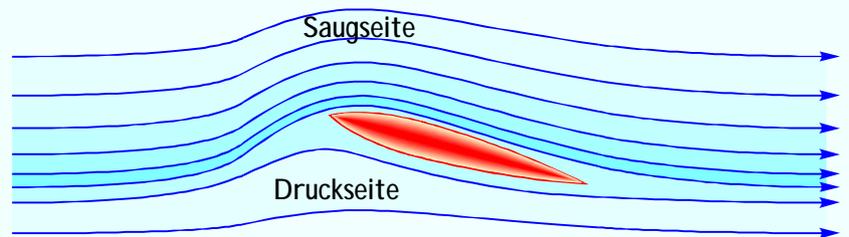
Aber nicht nur der längere Weg, den die aus dem Spalt um das Vorsegel herum gelenkte Luft gegenüber der Luvströmung zurücklegen muß, verursacht Beschleunigung: Sie entsteht auch dann, wenn die Luft

Diekow Segel

schnelle Strömung => enge Linien & niedriger Druck
Durch Zähigkeit auf der Fläche haftet die Luft.



Das Vermögen der Luft an Flächen zu haften und gleichzeitig das Bestreben der Moleküle aneinander festzuhalten, bewirkt, daß die Luft um eine zur Strömungsrichtung angestellten Fläche gezwungen wird, ohne sich abzulösen.



Auch das Profil eines Tragflächenmastes kann Vortrieb erzeugen, wenn es entsprechend der Luftgeschwindigkeit zur Strömung angestellt wird: Die Luft muß auf der Leeseite des Profils einen längeren Weg als auf der Luvseite zurücklegen. Damit sie gleichzeitig mit den Luftteilchen der Luvseite an der Achterkante ankommt, wird sie gezwungen, schneller zu strömen. Es entsteht Unterdruck und damit Vortrieb.

um stark gekrümmte Flächen, wie beispielsweise ein tiefes Profil im vorderen Bereich des Vorsegels oder einem stumpfen Anstellwinkel, gelenkt wird. (Das gleiche, als „Eckeneffekt“ bezeichnete Phänomen, läßt sich auch an Kaps beobachten. Die anströmende Luft wird hier stark beschleunigt und kann in Verbindung mit der Landnähe gefährlichen Seegang hervorrufen).

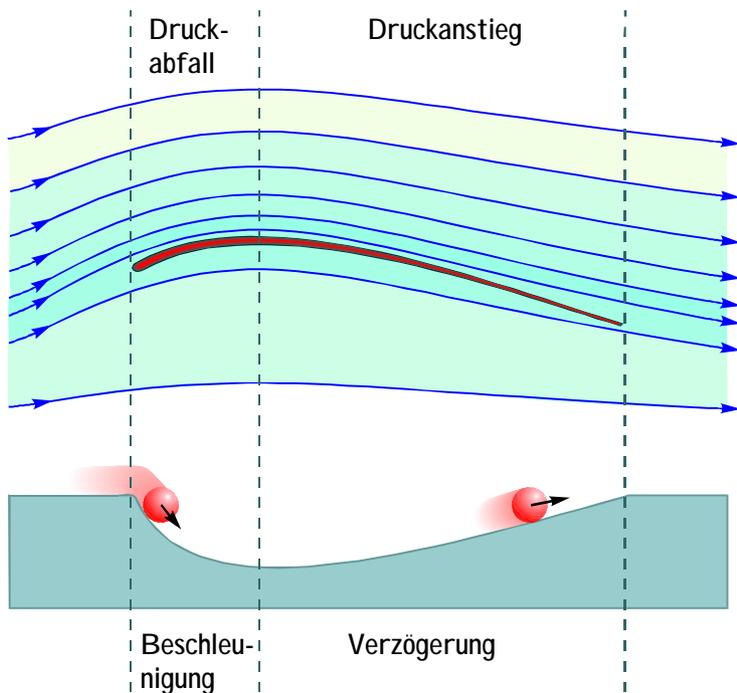
Der durch Beschleunigung erzeugte Unterdruck bewirkt eine senkrecht zu den Strömungslinien nach außen gerichtete Kraft, die hauptsächlich für den Vortrieb der Segelmaschine sorgt.

Je nach Windgeschwindigkeit macht die Luft das Umströmen gekrümmter Flächen aber nur bis zu einem gewissen Grad mit: Ist ihre Geschwindigkeit zu hoch, wird die Luftmasse aus der Kurve getragen. Sie reißt ab, verwirbelt, und das Segel produziert fast nur noch Krängung. Das Gleiche passiert, wenn die Strömungsgeschwindigkeit zu niedrig ist: Der Luftstrom hat nicht genügend Energie, um die starke Kurve zu „schaffen“.

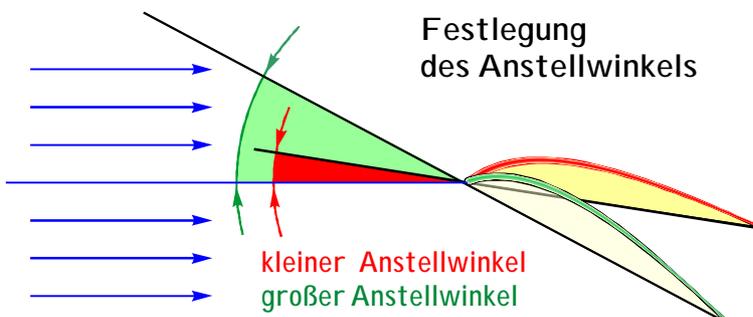
Die Ursache für dieses Verhalten hängt hauptsächlich mit dem Anstieg des Druckes auf den letzten



Das Kugelmodell zum Veranschaulichen der Druckverläufe am Segel



Die Steilheit des Abhangs symbolisiert die Höhe des Druckabfalls und die Talsohle den niedrigsten Druck am Profil. Die Kugel kann aber nur dann den Hang überwinden, wenn der Hang im richtigen Verhältnis zur Geschwindigkeit der Kugel, also nicht zu steil, ansteigt.



Der Anstellwinkel eines Segels wird zwischen der Strömungsrichtung und der Sehne seines Profils gemessen.

Zweidritteln der Profillänge zusammen. Wie schon erklärt, erreicht die Luftströmung ihre höchste Geschwindigkeit über der größten Profiltiefe und bewirkt dort ein Feld mit niedrigstem Druck. Grafisch dargestellt drängen sich hier die Stromlinien am engsten zusammen. Anschließend weiten sie sich, bis sie hinter dem Hindernis Segel im gleichen Abstand verlaufen wie vor ihm und damit wieder die gleiche Geschwindigkeit haben.

Bei einem hohen Anstellwinkel – er wird zwischen Profelsehne und Strömungsrichtung gemessen – wenn die Luft mit besonders hoher Geschwindigkeit um die Anschnittkante des Profils gezwungen wird und in diesem Bereich der Druckabfall entsprechend stark ist, kann der anschließende Druckanstieg zu kraß sein. Die Energie der Strömung reicht dann nicht mehr aus, um ihn zu überwinden. Die Grenzschicht verdickt sich plötzlich stark und hat nicht mehr genügend „Kraft“, sich zu halten. Sie löst ab und treibt als Wirbelschleife seitlich davon, wobei der Vortrieb nahezu vollkommen zusammenbricht.

Diese Vorgänge lassen sich mit Hilfe einer einfachen Darstellung (nach Prantl) besonders gut veranschaulichen: Man stelle sich Kugeln vor, die einem Abhang hinunterlaufen, dessen Steilheit die Höhe des Druckabfalls im ersten Drittel des Profils darstellen soll. Die Talsohle symbolisiert dann die größte Profiltiefe, also den niedrigsten Druck. Die Kugeln können aber nur dann den folgenden Hang (ca. die letzten Zweidritteln des Profils) überwinden, wenn sie über genügend hohe Energie (Windgeschwindigkeit) verfügen und er nicht zu steil ist, also im richtigen Verhältnis ansteigt (Druckanstieg). Sonst rollen die Kugeln wieder zurück. (Die Strömung löst sich ab.)

Auf die Praxis übertragen heißt das: Der Anstellwinkel des Segels muß so groß sein, daß die Umströmung eine größtmögliche Geschwindigkeit erreicht, ohne sich auf ihrem Weg zum Achterliek abzulösen. Druckabfall und Druckanstieg müssen also genau im richtigen Verhältnis zueinander stehen.

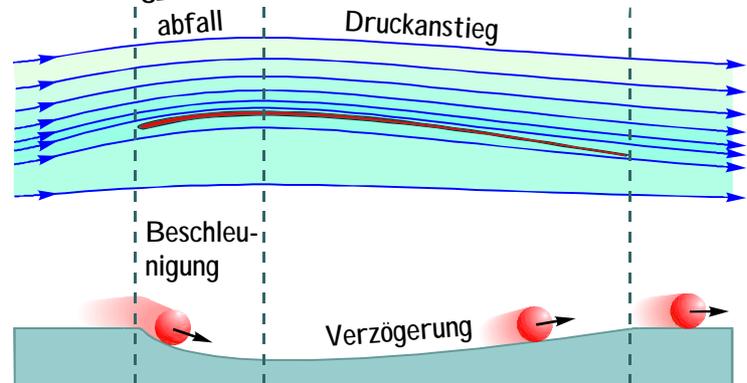
Mit dem Trimmen der Segel versucht man nicht nur den Anstellwinkel dem augenblicklichen Kurs und der herrschenden Windgeschwindigkeit anzupassen. Auch die Form des Profils muß möglichst strömungsgünstig eingestellt werden.

In schwacher Brise ist beispielsweise eine stark gerundete Anschnittkante nachteilig, da die Luftströmung zu schwach ist, um die starke Kurve nehmen zu können. (Die Kugeln haben zu wenig Schwung.) Erfahrene Segler trimmen deshalb den vorderen Bereich flacher oder fallen etwas ab, um den Anstellwinkel zu vergrößern. Bei Starkwind muß das Profil insgesamt flacher getrimmt werden, damit die energiereiche, sehr schnell strömende Luft nicht durch den plötzlich steilen Druckanstieg zum Ablösen gezwungen wird. Die schnell rollenden Kugeln werden durch den zu steil ansteigenden Hang gebremst und rollen schließlich zurück.

Ist also die Öffnung oder der Spalt zwischen Groß- und Vorsegel richtig eingestellt, erreicht die Luft um den vorderen Bereich des Vorsegels ihre höchste Strömungsgeschwindigkeit und bringt damit den größten Vortrieb. Die Leestromung wird dann auf ihrem Weg über die große Fläche des Großsegels durch Reibung und den damit verbundenen sanften Druckanstieg so abgebremst, daß sie sich am Achterliek gleichzeitig mit der Luvströmung wieder vereinigen kann. Das Großsegel sorgt also für die notwendige Profilverlängerung, die einen sanften Druckanstieg gewährleistet.

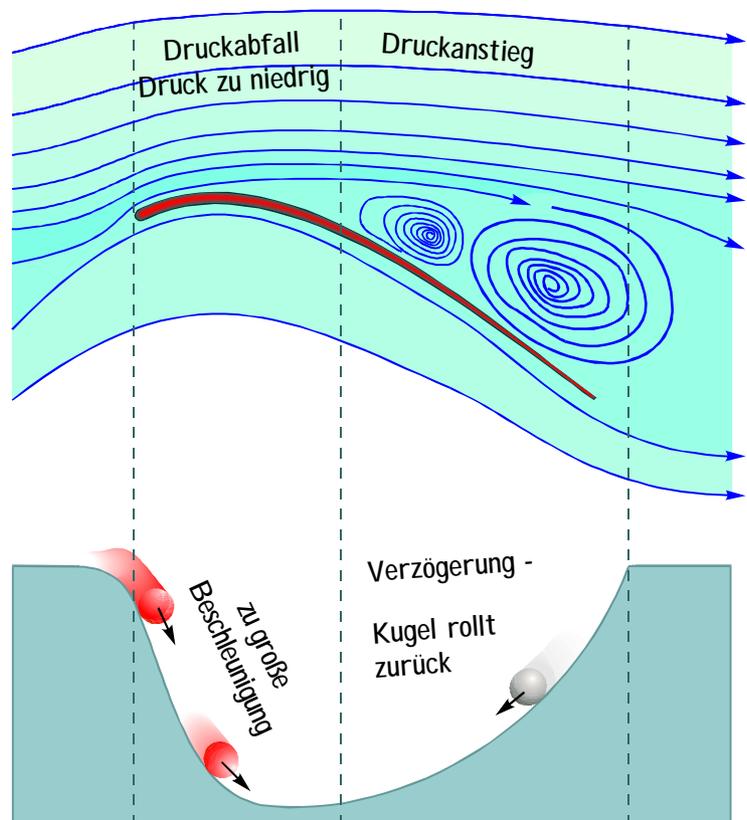
Noch einen weiteren, entscheidenden Vorteil hat die langsamer strömende, durch den Spalt gedrosselte Luft: Sie umströmt mit erheblich weniger Energie das Hindernis Mast, als sie dies ohne Vorsegel tun würde. Dadurch wirken sich die an seiner Achterkante entstandenen Ablösungen und Verwirbelungen weniger schädlich auf den Vortrieb aus. Wäre der Spalt tatsächlich eine „Düse“, würde ein Boot schon auf Grund der stark bremsenden Wirbel im Mastbereich spätestens bei 60 Grad am Wind auf der Stelle dümpeln. Ganz davon abgesehen, daß das Vorsegel kaum Vortrieb liefern könnte.

Das Kugelmodell zum Veranschaulichen der Druckverläufe am Segel: Glatte, schnelle Strömung



Hohe Windgeschwindigkeit erfordert ein flaches Profil. Oder: Die mit hoher Geschwindigkeit anrollende Kugel kann nur eine flache Mulde nehmen, damit sie nicht aus der Bahn geworfen wird.

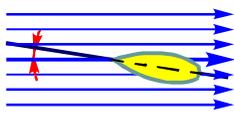
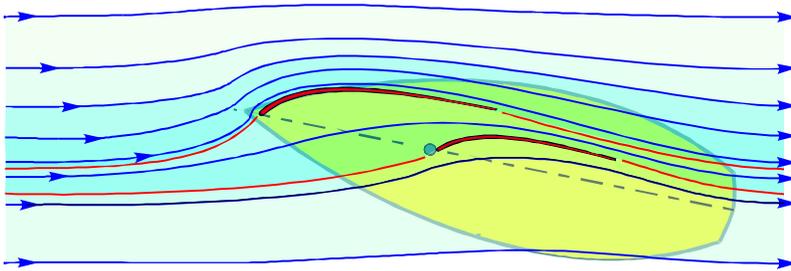
Turbulenz mit Strömungsabriß



Der zu große Anstellwinkel bewirkt eine extrem hohe Umströmungsgeschwindigkeit an der Anschnittkante des Profils. Es entsteht in einem kleinen Bereich sehr niedriger Druck, der gleich darauf ruckartig ansteigt und das Ablösen der Strömung von der Fläche bewirkt. Oder: Die Mulde ist zu tief, die schnelle Kugel wird durch den zu steilen Hang zurückgeworfen.



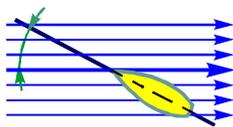
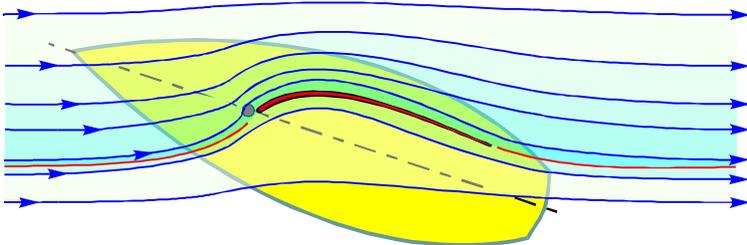
Segelyacht unter Großsegel und Genua



Die nicht durch den Spalt zwischen Vor- und Großsegel passende Luft muß um die Luvseite der Genua strömen. Sie bewirkt ein Verschieben

der Staulinie auf der Luvseite des Profils: Das Boot kann höher an den Wind gehen, ohne die Schoten dichter zu holen.

Segelyacht (nur) unter Großsegel



Eine Segelyacht ohne Vorsegel segelt ohne Spalt zwischen den Segeln. Man ist deshalb gezwungen, abzufallen, um durch den größeren Anstellwinkel

mehr Leistung vom Großsegel zu bekommen und in Fahrt zu bleiben.

Ein höherer Anstellwinkel bewirkt, daß die Lee-Strömung um eine steilere Kurve gezwungen und deshalb beschleunigt wird. Hohe Strömungsgeschwindigkeit wird durch geringen Abstand der Strömungslinien dargestellt. Zum Vergleich: Im oberen Bild drängen sich die Strömungslinien auf der vorderen Lee-Seite der Genua besonders eng zusammen. Hier sorgt die zusätzliche aus dem Spalt beider Segel stammende Luft für eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit.

Im Gegensatz zum Bild unten geschieht hier die Umströmung der Lee-Seite des Großsegels durch den Einfluß der Verengung wesentlich langsamer.

Genau dies geschieht, wenn man den Spalt zu weit öffnet. Dann wird zu viel Luft durchgelassen und die Leistung des Vorsegels entsprechend herabgesetzt. Umgekehrt, mit zu enger Öffnung, bewirkt man einen zu geringen Durchlaß: Nahezu die gesamte Luftmasse aus dem zu engen Trichter muß nun über die Leeseite der Genua ausweichen. Dadurch wird die Luft so stark beschleunigt, daß sie sich bereits an der gekrümmten Anschnittkante des Vorsegels ablöst. Das Tuch des Großsegels dagegen fällt ein und zeigt den sogenannten „Gegenbauch“. Er entsteht also nicht durch einen starken Luftstrom aus der engen „Düse“, die angeblich das Tuch „anbläst“, sondern weil hier nahezu Windstille herrscht. Die Luft auf der Druckseite des Großsegels strömt nun schneller als die auf der Leeseite: Das Tuch wird nach Luv „gesaugt“.

Beide Segel bilden also eine untrennbare Einheit, deren wirkungsvolles Zusammenspiel sich entscheidend auf den Vortrieb auswirkt. Praktisch heißt das: Wird die Profiltiefe und die Stellung eines Segels verändert, muß auch das andere neu getrimmt werden, damit die Öffnung ihre strömungsgünstige Form behält.

Sind jedoch Genua und Groß richtig eingestellt, erreicht der Windmotor seine maximale Leistung – mit Arbeitsteilung: Das Vorsegel bringt hauptsächlich den Vortrieb und mit dem Trimm des Großsegels stellt man den optimalen Ruderdruck und die Krängung ein.

Nachdem wir nun die „Düsen-theorie“ über Bord geworfen haben, müssen wir uns noch von einer weiteren Behauptung trennen, die da lautet: Ein Segel funktioniert wie die Tragfläche eines Flugzeuges, weil durch das unterschiedlich stark gekrümmte Profil die oberhalb der Tragfläche fließende Luft einen längeren Weg, als die an der unteren, flacheren Seite zurücklegen muß. Sie ist deshalb gezwungen, schneller zu fließen, damit sie gleichzeitig mit der unteren Strömung an der Hinterkante der Fläche ankommt. Beschleunigung heißt Unterdruck, die Tragfläche erhält Auftrieb.

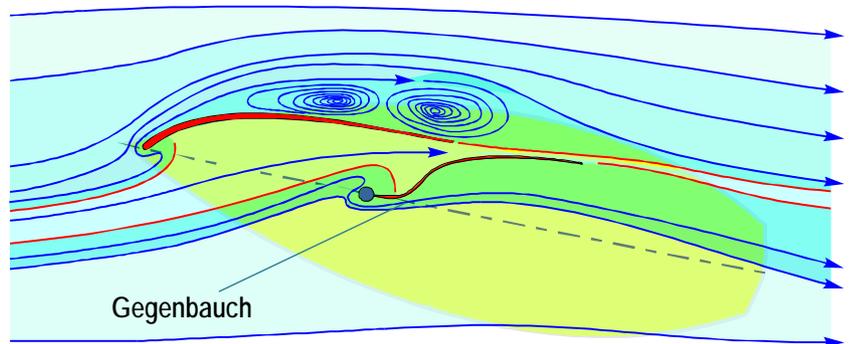
Das ist so einleuchtend wie falsch. Oder genauer gesagt, nur die halbe Wahrheit: Denn wie ist es dann möglich, daß ein Flugzeug auf dem Rücken fliegen kann? Außerdem hinkt der Vergleich mit der Tragfläche, da ein Segel so dünn wie sein Tuch ist, die Luftteilchen in Luv und Lee also den gleich langen Weg zurückzulegen haben. Wie wir aber bereits wissen, wird die Beschleunigung der Strömung in Lee durch die Anstellung des Profils zur Strömungsrichtung und vor allem durch den Stau in der Öffnung bewirkt. Die auf diese Weise erzeugten Kräfte reichen aber bei weitem nicht aus. Denn sonst würde ein Boot, das nur mit dem Groß oder nur mit einer Genua (also ohne Spalt) am Wind segelt, kaum nennenswert Fahrt am Wind machen können.

Die Erklärung hierfür ist die sogenannte „Zirkulation“, eine außerhalb der flächennahen Grenzschicht um die Segel kreisende Strömung. Sie entsteht auf folgende Weise: Durch die Anstellung des Segels zur Windströmung erreichen die Luftteilchen in Luv für einen kurzen Moment eher das Achterliek. Sie werden um die scharfe Kurve gezwungen und prallen eine Winzigkeit später auf die Gegenströmung. Es entsteht ein Wirbel, der sich von der Achterkante ablöst und mit der Strömung fortgetragen wird. Dieser sogenannte „Anfahrwirbel“ bewirkt nicht nur die Vereinigung beider Strömungen, er setzt auch die Rotation der Zirkulation in Gang.

„Man kann den Anfahrwirbel mit einem kleinen Zahnrad vergleichen, das ein größeres antreibt. Die Zähigkeit der Flüssigkeit (Luft) und die von ihr hervorgerufene Reibung übernimmt die Funktion der Zähne der Zahnräder. Die induzierte Drehbewegung der Flüssigkeitsteilchen um den Flügel ist die Zirkulation“, so schreibt C.A. Marchaj in seinem Buch „Aerodynamik und Hydrodynamik des Segels“ (Delius, Klasing & Co.).

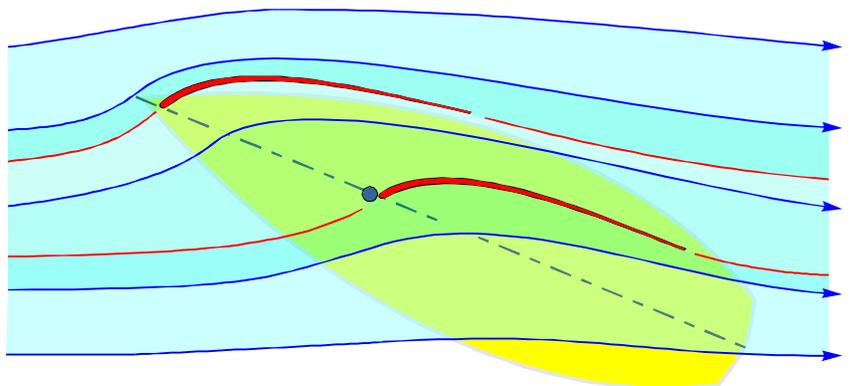
Dieser Vorgang läßt sich mit dem dritten Grundgesetz der Mechanik von Isaac Newton (1642 – 1727) nachweisen. Es besagt, daß jede Aktion immer eine gleich große Reaktion auslöst, aber in entgegengesetzter Richtung. Die Energie des links drehenden Anfahrwirbels (Aktion) setzt die Luftmasse der Zirkulation (Reaktion) rechts herum in Schwung.

Der Spalt zwischen Vor- und Großsegel ist zu schmal.



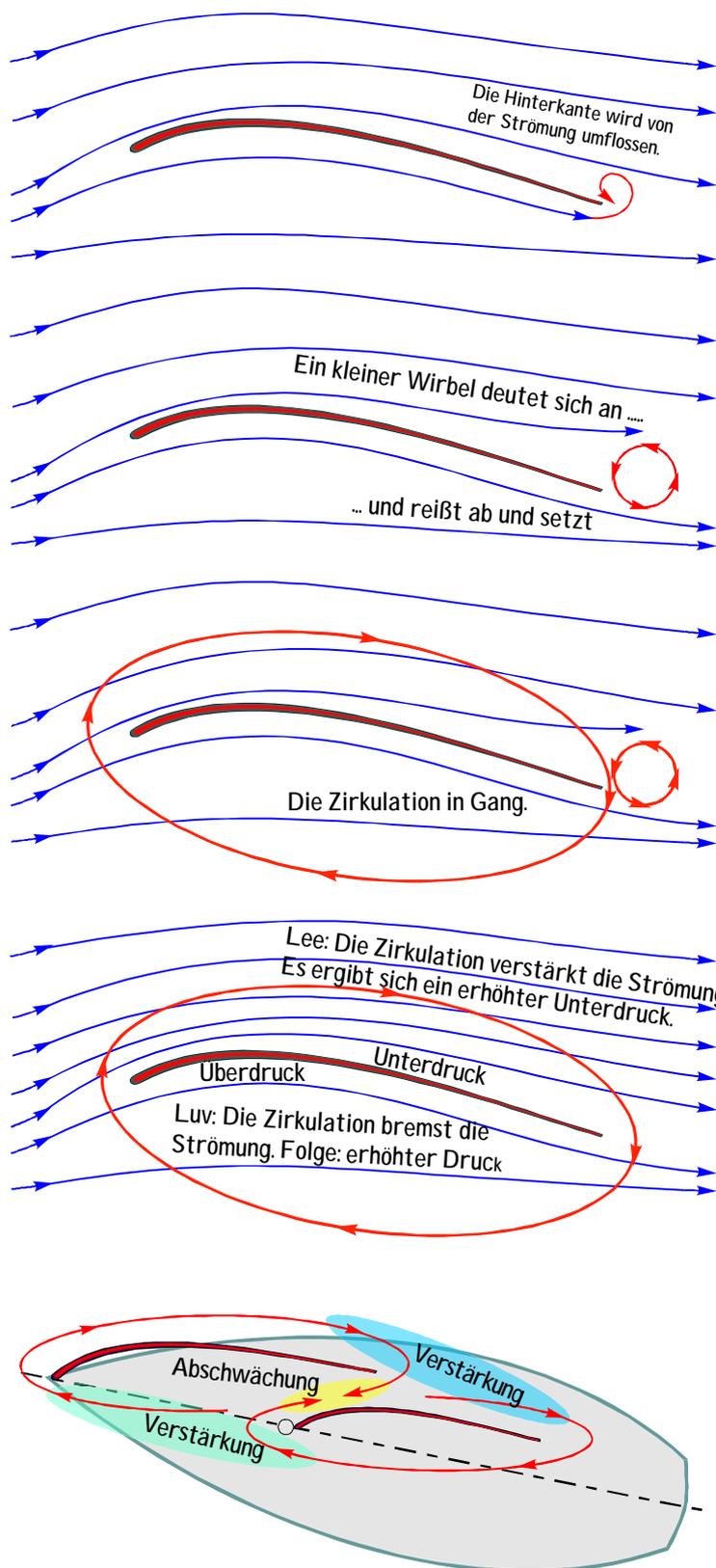
Der Traveller des Großsegels ist zu weit nach Lee gefiert, ohne daß der Anstellwinkel der Genua verändert wurde. Der Spalt ist zu schmal und läßt kaum noch Luft durch. Deshalb muß eine sehr große Luftmasse mit äußerst hoher Geschwindigkeit über die Leeseite der Genua ausweichen. Sie schafft die enge Kurve nicht und löst sich ab. Das Großsegel dagegen wird auf der Leeseite kaum mehr umströmt und fällt ein. Es bildet den sogenannten Gegenbauch: Die Luft auf der Druckseite des Großsegels strömt nun schneller und saugt das Tuch nach Luv.

Der Spalt zwischen Vor- und Großsegel ist zu weit.



Durch die große Öffnung des Spaltes zwischen Großsegel und Genua kann die anströmende Luftmasse praktisch unbehindert hindurchgelangen. Nur ein geringer Teil von ihr muß auf die Luvseite der Genua ausweichen und kann für Beschleunigung der Lee-Strömung sorgen. Die Genua ist „underpowered“, sie bringt zu wenig Leistung.





Auf diese Weise verstärkt die Zirkulation in entscheidendem Maße die flächennahe Strömung: In Lee ist sie gleichgerichtet, sorgt also für weitere Beschleunigung und Zunahme des Unterdruckes. In Luv ist sie entgegengerichtet, die Strömung wird verlangsamt und der Überdruck erhöht.

Beide Kräfte addieren sich und bewirken eine starke Zunahme der Vortriebsleistung. Vor allem aber wird der Stau im Spalt der Segel erhöht: Die Zirkulation des Großsegels „schaufelt“ zusätzlich Luft von außen in die trichterförmige Verengung. Durch die Zirkulation der Genua bekommt diese Luftmasse aber die notwendige Strömungsenergie, um die Kurve über die Leeseite zu schaffen. Erst durch diese, die Kräfte addierende Wirkung der Zirkulation, ist es möglich, daß ein Katboot am Wind segelt und ein Flugzeug auf dem Rücken fliegen kann.

Jede Kursänderung und jeder neue Trimm der Segel läßt die Zirkulation zusammenbrechen. Je geringer die Windstärke oder die Energie der Strömung, desto schneller geschieht dies. Für breite Segel mit geringer Streckung (geringes Längen/Breitenverhältnis) braucht der Anfahrwirbel länger, um die Zirkulation wieder in Schwung zu bringen als für schmale, weil die Schwungmasse des „Rades“ größer ist. Deshalb sollte bei Flaute jede unnötige Bewegung an Deck vermieden werden, damit sich das Boot so ruhig wie möglich durch das Wasser bewegt und die Zirkulation erhalten bleibt.

Da sich Wasser vom Fluidum Luft nur durch seine Dichte unterscheidet, spielt sich am Unterwasserschiff Ähnliches ab: Richtig getrimmt, segelt das Boot leicht luvgerig, also mit etwas zur Strömung angestelltem Ruderblatt und Kiel. Beide wirken nun wie ein Profilmast ohne Segel: Sie erzeugen Auftrieb und verringern gleichzeitig die Krängung. Je größer die Streckung von Ruderblatt und Kiel, desto schneller baut sich die Zirkulation wieder auf.

Nachdem bisher nur die Rede vom Antrieb der Segelmaschine war und erläutert wurde, warum das Zusammenspiel zwischen Vor- und Großsegel eine so entscheidende Rolle für die Vortriebsleistung spielt, fehlt noch die Beantwortung dieser Frage:

Warum kann ein katgetakeltes Boot keine befriedigende Höhe laufen – selbst wenn es mit einem Tragflächenrigg aus freistehendem, drehbarem Profilmast und optimal geschnittenem Lattengroß gesegelt wird? Auch diese Frage läßt sich leicht beantworten, wenn wir die Vorgänge um das Segel ein wenig näher betrachten:

Trifft die Luftströmung auf das Vorliek, strömt ein Teil ihrer Masse um die Luv- und der andere über die Leeseite des Segels, und wie wir nun wissen: je nach Anstellwinkel unterschiedlich viel.

Bei einem nicht zur Strömung angestellten Profilmast wird die Luft in genau zwei gleich große Massen geteilt. Es gibt dann weder eine Luv- noch eine Leeseite. Die Strömung ist auf beiden Seiten des Profils gleich schnell. Die Grenze, an der sich die Luftmasse teilt, wird Staulinie genannt und die Stelle, an der sie auf das Profil trifft: Staupunkt.

Wird nun das Profil zur Strömung angestellt, wandert – je nach Größe des Winkels – der Staupunkt mehr oder weniger weit auf die Luv- oder Druckseite des Profils. Es entsteht eine Druck- und eine Saugseite, wobei die Grenze der Luftmassen, die Staulinie, entsprechend der Richtungsänderung der Anströmung zur Druckseite „verbogen“ wird.

Segelt man jedoch mit Fock und Großsegel, bewirkt die zusätzliche, aus dem Spalt auf die Leeseite des Segels gesaugte Luft eine wesentlich weitere Verschiebung von Staupunkt und Staulinie auf die Druckseite des Vorsegels, als dies bei einem Segel ohne Spalt möglich wäre. Praktisch bedeutet das: Man kann soweit anluven, bis der Staupunkt die Stelle erreicht hat, die er ohne Beeinflussung des Spaltes haben würde – oder um das Maß in Graden des durch den „Spalteffekt“ weiter nach Luv verschobenen Staupunktes, ohne daß das Segel zu killen beginnt.

Das Verschieben der Staulinie des Vorsegels auf die Druckseite bewirkt, daß gleichzeitig die des Großsegels angehoben wird. Auch dies bringt Vorteile: Der Anstellwinkel wird spitzer und die Strömungsgeschwindigkeit dadurch vermindert. Das gleiche passiert durch die gegenläufige Zirkulation beider Segel im Spalt. Dadurch haben die durch

den Mast verursachten Verwirbelungen weniger Energie, wirken weniger bremsend, und die Strömung legt sich schneller wieder am Profil des Großsegels an.

Bisher war nur vom Druckwiderstand (Kugelmodell) und der Reibung, und zwar im Zusammenhang mit dem Anstellwinkel eines Profils die Rede. Den größten negativen Einfluß auf den Vortrieb eines Segels hat jedoch der sogenannte „induzierte“ Widerstand, dessen Größe sich hauptsächlich durch die Form und den Schnitt der Segel beeinflussen läßt. Verursacht wird er durch die von der Luv- auf die Leeseite des Segels fließenden Luftströmungen, die für Druckausgleich sorgen. Auf diese Weise geht dem Vortrieb Energie verloren, die sich in Form einer nachgeschleppten Kette aus Wirbeln bemerkbar macht. Als „Abwind“ können sich diese Turbulenzen noch über mehrere hundert Meter bemerkbar machen und nachfolgende Yachten behindern.

Naturgemäß hat der „induzierte Widerstand“ hauptsächlich im schmalen Toppbereich und am Unterliek starke Auswirkungen auf den Vortrieb. Deshalb sind konventionell geschnittene Segel mit langem Unterliek und spitz zulaufendem, wenig profiliertem Toppbereich am ungünstigsten. Ein solches Segel zieht eigentlich nur in der Mitte: Oben kann durch den geringen Abstand von Vor- und Achterliek kein Unterdruck aufgebaut werden und unten wird das breite Profil durch den Druckausgleich um den langen Baum wirkungslos gemacht.

Durch die Entwicklung extrem dehnungsarmer Tuche ist es heute jedoch möglich, Segel zu fertigen, die den „induzierten Widerstand“ stark vermindern. Das sind Segel mit großer Streckung, also kurzem Unterliek und langem Vorliek. Sie haben im Toppbereich ein weit angestelltes Achterliek und sind dort bereits stark profiliert. Unterstützt wird das Profil durch leichte, durchgehende Segellatten, deren Biegeverhalten der jeweiligen Profiltiefe angepaßt ist. Solche, bis an die Grenzen optimierten Segel, werden heute auf allen Cuppern und Rennyachten gefahren. Für Fahrtensegler kommen sie schon wegen ihrer

kurzen Lebensdauer und den enorm hohen Kosten nicht in Frage, zumal das weit ausgestellte Achterliek im Topp losnehm- bare Achterstagen erfordert.

Lattensegel für Fahrtenyachten können durch die Begrenzung des Achterstags jedoch nur sehr wenig Rundung im Achterliek haben. Das oft gehörte Argument, sie seien durch den Gewinn an Fläche schneller und würden den „induzierten Widerstand“ herabsetzen, ist also nicht richtig.

Da sich der Druckaustausch um den Großbaum herum nicht vermeiden läßt, ist es besser, das Profil im Bereich des Unterlieks flach zu schneiden. Dadurch vermindert man den Druckunterschied zwischen Luv- und Leeseite. Der Druckausgleich findet weniger energiereich statt, und die Wirbel des „induzierten Widerstandes“ haben geringere Bremswirkung. Für Fahrtensegler sind deshalb Segel mit Shelf (einer dünnen Tuchbahn am Unterliek) wenig zu empfehlen: Denn der Fahrtgewinn durch die Vergrößerung der Profiltiefe in schwachen Winden ist auf einer „normalen“ Fahrtenyacht kaum meßbar.

Strömungstechnisch ideal wäre es natürlich, wenn der Großbaum über Deck rutschen würde. Es wirkt dann wie ein unüberwindbarer Zaun (oder als Endplatte) und verhindert weitgehend den Druckausgleich. Aus naheliegenden Gründen ist ein solches Großsegel kaum praktikabel. Aber als „Decksfeger“ geschnittene Genuas sind auf Rennyachten aus den genannten Gründen allgemein üblich.

Fahrtensegler sollten dagegen Kompromisse machen. Denn hier geht Sicherheit und leichte Handhabung vor Segelleistung. Vor allem dann, wenn man mit kleiner Crew segelt.

