

Alle Rechte vorbehalten. Sämtliche Dokumente, sowie Teile davon sind urheberrechtlich geschützt und dürfen ohne schriftliche Erlaubnis der Swiss Yachting Association in keiner Form reproduziert werden.

Copyright © 2025 by Swiss Yachting Association

V2.0

Inhaltsverzeichnis

Einführung	5
Konstruktion.....	6
Bootstypen	6
Rumpf- und Kielformen.....	6
Takelungsarten und Riggeinrichtungen.....	11
Stabilitätsfaktoren.....	17
Anforderungen an eine Fahrtenyacht	17
Konstruktive Stabilität	19
Hydrostatische Stabilität	21
Dynamische Stabilität.....	26
Material und Verarbeitung.....	31
Baumaterialien	31
Segelkunde	33
Tauwerk und Ankerketten	39
Segelphysik und Bootstrimm.....	47
Wahrer und scheinbarer Wind	47
Luftströmung.....	49
Segel- und Lateraldruckpunkt.....	51
Grosssegel-Trimmm.....	52
Vorsegel-Trimmm	56
Spinnacker– Gennacker / Blister - Code 0.....	57
Grundlagen des Motors	59
Kühlsystem.....	61
Kraftstoffsystem	63
Elektrisches System	65
Motorblock	67
Schmiersystem	68
Antriebsarten	69
Fehlerbehebung bei Dieselmotoren	74
Weitere technische Komponenten	79
Frischwassersystem.....	79
Schmutzwassersystem	79

Lenzpumpen (bilge pumps)	79
Gaszufuhr	80
Stromgeneratoren.....	81
Reparaturarbeiten und Winterlager	82
Einwinterungsarbeiten am Motor	82
Einwinterung des Riggs	82
Gelcoat-Reparaturen.....	83
Holz- und Lackierarbeiten.....	84

Einführung

Der Yachtsport in seiner heutigen Form hatte seine Anfänge Mitte des 19. Jahrhunderts. Es ist die Zeit der ersten Yachtclubs und der Entdeckung des Segelsports für die Besserbetuchten. Hochseeyachten waren damals immer individuelle Einzelbauten und wurden bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhundert aus Holz gebaut, später aus Eisen. Die ersten Yachten mit GFK-Rümpfen kamen in den 60er-Jahren auf den Markt und mit ihnen viele neue Werftbetriebe, die sich auf den Bau von Freizeitschiffen konzentrierten. GFK-Boote konnten kostengünstiger produziert werden und so wurden Yachten einer breiteren Zielgruppe zugänglich. Da GFK auch leichter zu formen ist als bis dahin verwendete Baumaterialien entstanden in schnellerer Folge immer wieder neue Formen.

Einzelbauten, heute als «custom-made» bezeichnet, wurden seltener. Viele Werften betrieben erfolgreich den Bau von Kleinserien und einige Werften schafften es unter Einsatz der Fliessband- und Robotertechnik in den Grossserienbau. Dies wurde durch den florierenden Chartermarkt beflügelt, der sich als grosser Abnehmer günstig gebauter Fahrtenyachten erwies. Anders als im Automobilssektor konnten sich Werften in Nischen mit Einzelbauten halten. Solche Betriebe beschäftigen sich beispielsweise mit dem Bau hoch entwickelter Rennyachten aus kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (Karbon) oder Aramiden, mit dem Bau von Explorer-Yachten aus Aluminium oder mit dem Bau von Megayachten aus Stahl.

Weltweit konnten sich Yacht-Konstruktionsbüros einen Namen machen. Sie arbeiten für die Werften oder direkt für den Eigner. Die Konstruktion am Computer ermöglicht es viele Eigenschaften der späteren Yacht (Stabilität, Geschwindigkeitspotential etc.) vorauszuberechnen. Der Auftraggeber definiert im Vorfeld das gewünschte Ausmass der Yacht, die CE-Kategorisierung (Einsatzgebiet) und weitere Eckdaten und erhält vom Konstruktionsbüro dann Vorschläge zum Unterwasserschiffs (Lateralplan), zu Schotten, zur Motorisierung, zu den Tanks, zum Segelplan etc. bis hin zu produktionsreifen Bauplänen. Gegebenenfalls übernimmt das Konstruktionsbüro auch die Überwachung der Bauausführung. Für den Innenausbau unterhalten die Werften eigene Designteams oder arbeiten mit externen Büros zusammen. Die Herstellung des Riggs und die Installation der Bordelektronik erfolgt in der Regel ebenfalls in Kooperation mit den Spezialanbietern.

Als Neueinsteiger im Bootssport steht man vor einem breiten Angebot an Yachten unterschiedlicher Konzeption und Ausstattung. Vor dem Kauf eines Bootes empfiehlt es sich die eigenen Bedürfnisse genau zu kennen. Dies erreicht man am besten, indem man unterschiedliche Yachten in verschiedenen Revieren im Rahmen von Ausbildungs-, Meilen- oder Chartertörns kennenlernt. Die folgenden Ausführungen helfen Schiffstypen und ihre Konstruktionsmerkmale sowie wesentliche Bauteile mit ihren Funktionen besser zu verstehen.

Konstruktion

Bootstypen

Im **Hochseesegelsport** unterscheidet man - nach ihrem Einsatzzweck - zwischen Fahrtenyachten (**Cruisern**), Rennyachten (**Racern**) und einem Mischtyp zwischen beidem (**Racer-Cruiser**). Hierauf wird spezifiziert auf Seite 17 eingegangen. Eine Besonderheit stellen Mehrumpfboote dar. Katamarane mit zwei Rümpfen (**multihulls**) und Trimarane mit einem Rumpf und zwei Auslegern haben Fahreigenschaften, die sich stark von denen der Einrumpfboote (**monohulls**) unterscheiden. Nicht eingehen möchten wir in diesem Ordner auf die im Rennsport üblichen Klassifizierungen. Es sei nur erwähnt, dass es nationale, internationale, olympische Einheitsklassen gibt und sich auch individuell nach Eignerwunsch gebaute Fahrtenyachten nach bestimmten Rennformeln vermessen lassen und dann in Ausgleichsklassen eingeordnet werden. Dies dient einer Gleichbehandlung bei Regatten, die für verschiedene Bootstypen offen sind.

Ein anderes Unterscheidungsmerkmal von Segelyachten ist ihre Kielkonstruktion. Während man in tidenfreien Gewässern mit ausreichend Wassertiefe zumeist Yachten mit einem Festkiel antrifft, kommen in Tidengewässern vermehrt Yachten mit variablem Tiefgang zum Einsatz; dazu zählen Kielschwertyachten mit einem flachen Kiel und einem zusätzlichen klappbaren Schwert (Schwenkkieler) bzw. liftbarem Schwert (Hubkieler) zum Einsatz.

Bei **hochseetauglichen Motoryachten** wird zwischen Verdrängern und Gleitern unterschieden. Ein Schiff in Verdrängerfahrt erzeugt einen starken Strömungswiderstand; es kann maximal Rumpfgeschwindigkeit fahren. Die Geschwindigkeit eines Verdrängers ist – unabhängig von der Stärke seiner Motorisierung – limitiert. Mit steigender Geschwindigkeit wächst die Wellenlänge seiner Bugwelle, sobald sich diese mit der Heckwelle überlagert, sinkt sein Heck ab. Die Rumpfgeschwindigkeit (in Knoten) ermittelt sich aus der Quadratwurzel der Länge seiner Wasserlinie multipliziert mit dem Faktor 2,43. Ein Boot mit einer Konstruktionswasserlinie von 10 Metern kann somit maximal 7,7 Knoten laufen, während eine 100-Meter-Yacht beachtliche 24 Knoten erreichen kann. Deswegen heisst es auch „Länge läuft“. Bei einer Überschreitung der Rumpfgeschwindigkeit zum Beispiel in Schleppfahrt besteht Kentergefahr. Gleiter entgehen dem Strömungswiderstand, ihre Rumpfkonstruktion erlaubt es ihnen sich aus dem Wasser zu erheben. Diesen Geschwindigkeitsvorteil erkaufte man sich aber mit einem Stabilitäts- und Komfortverlust. Gleiter fangen bei Wellen an zu schlagen und sind an sich nicht für eine raue See konzipiert.

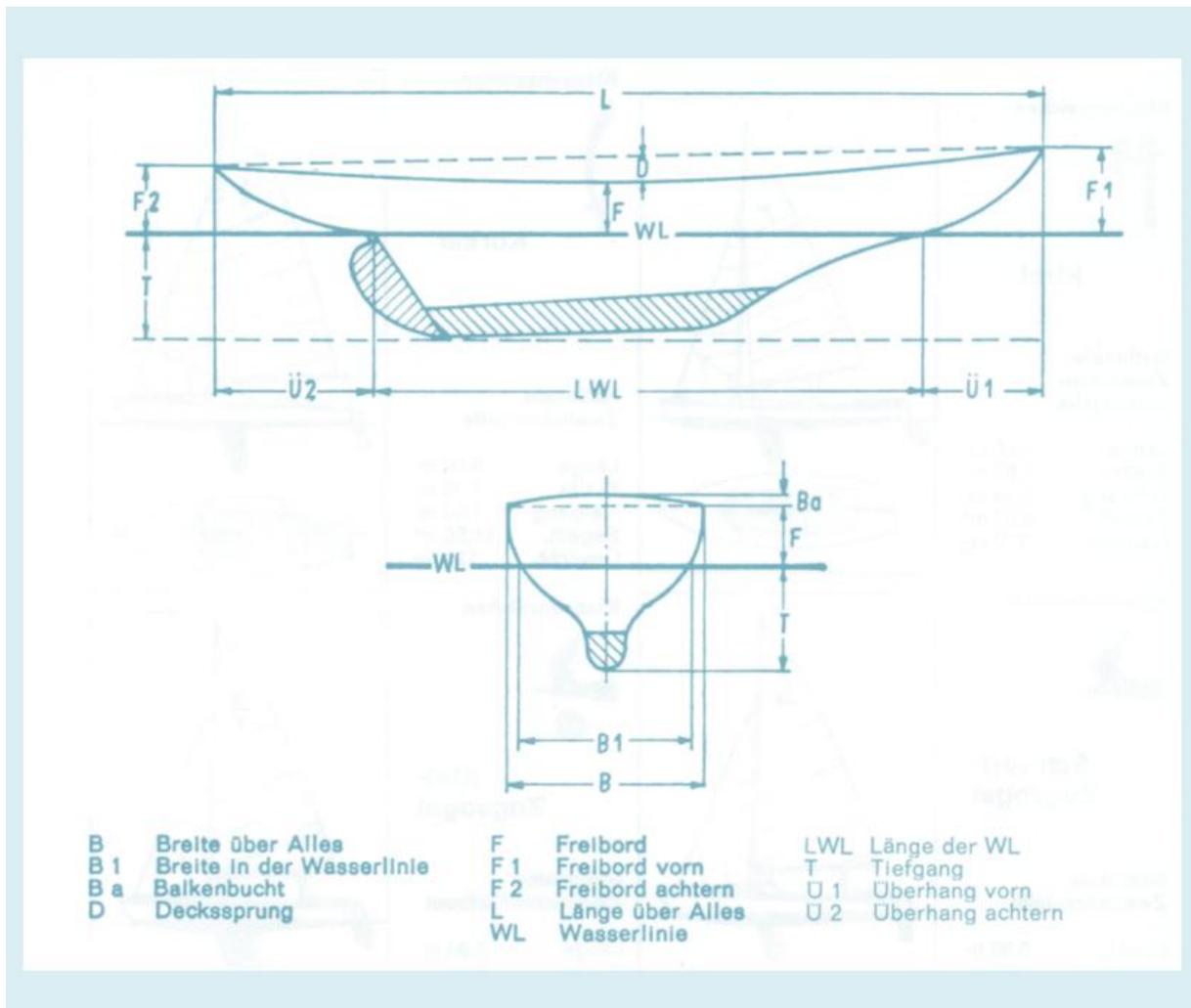
Hohe Wellen stellen insofern vor allem für Motoryachten eine Gefahr dar; wegen des fehlenden Ballastes (Gewicht unterhalb des Kiels) haben sie ein geringes aufrichtendes Moment (siehe: Seite 19).

Rumpf- und Kielformen

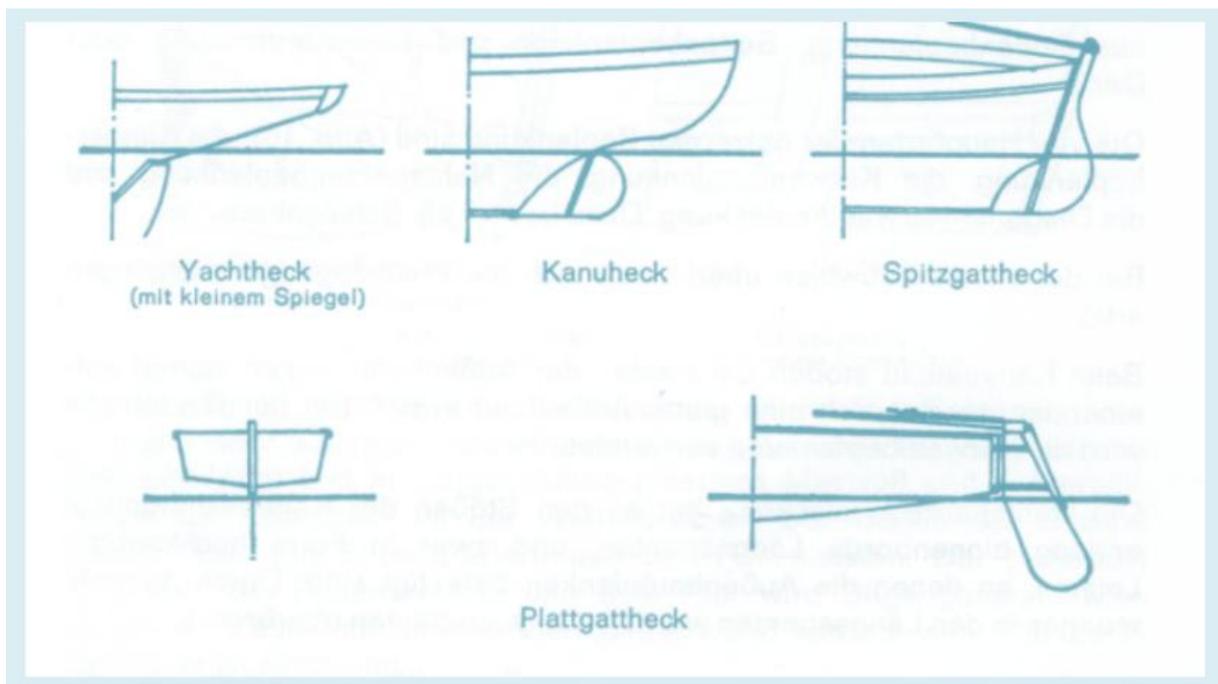
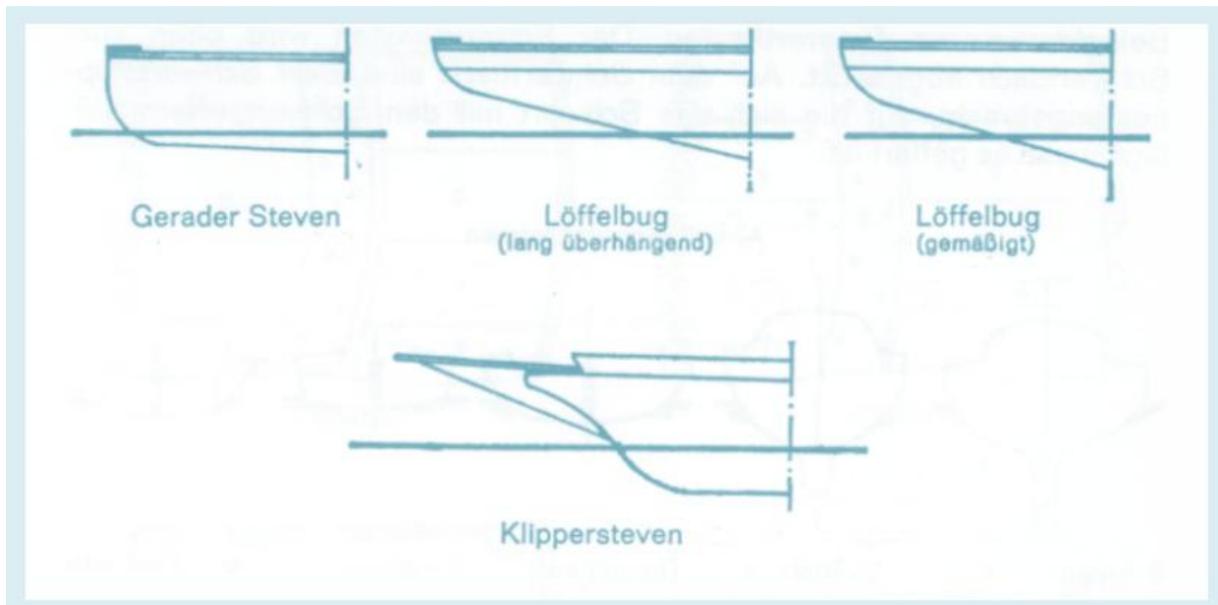
Im klassischen Bootsbau spricht man vom Bootsgerippe und meint damit die Längs- und Querverbände. Zu den Längsverbänden zählen der Kiel (**keel**) mit Vorsteven (**stem**), die Kimmstringer, die Deckstringer (auch Balkweger genannt) und die Decks längsbalken. Zu den Querverbänden zählen die Bodenwrangen, die Spanten, die Decksquerbalken und der Spiegel. Bei aus Holz gebauten Rümpfen erkennt man diese Elemente noch am besten.

Längsschnitt

Langgestreckte Linien mit einem positivem Decksprung und ausladenden Überhängen gelten bis heute als ästhetisch ansprechend. Wenngleich in der modernen Yachtkonstruktion wegen der Stehhöhe in den Kabinen der negative Decksprung Einzug gehalten hat.



Auch sieht man immer mehr Boote mit geradem Steven, weil so die Länge der Wasserlinie bei gleicher Gesamtlänge grösser ist, was wiederum ein höheres Geschwindigkeitspotential bedeutet.



Bei der Konstruktion von modernen Racern geht man inzwischen noch einen Schritt weiter und arbeitet mit negativ geformten Steven. Derart gebaute Boote haben auch ein anderes Verhalten in der Welle. Wellen werden nicht mehr „abgeritten“, sondern durchschnitten; dabei wird bewusst in Kauf genommen, dass grosse Wassermengen über das Deck laufen. Ein Beispiel dafür sind die Bruce Farr-Entwürfe für die Volvo Ocean Race-Yachten.

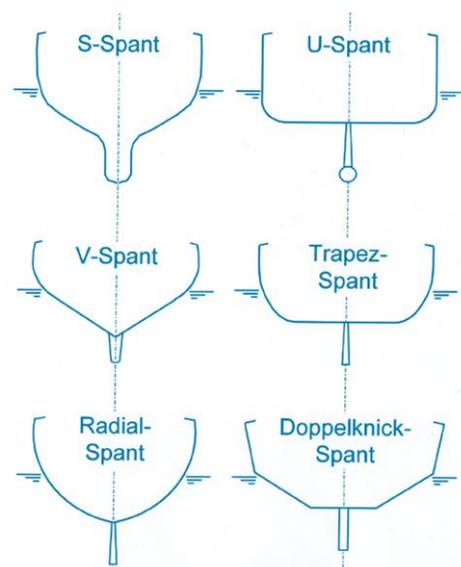


Querschnitt

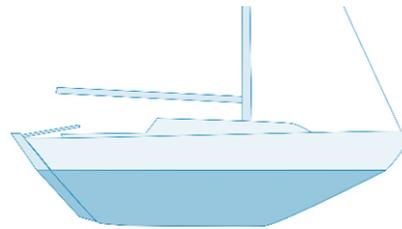
Klassische Schiffsentwürfe haben oft auf den S-Spant abgestellt, der einen direkten Übergang zum Kiel ermöglicht. Moderne Konstruktionen, bei denen der Kiel als eigenständiges Element gesehen wird, weisen oft flachere Unterwasserschiffe auf.

Es besteht also ein konstruktiver Zusammenhang zwischen der Spanten-Form und dem Kiel-Typ.

Motoryachten haben in der Regel einen V-Spant. Ein tief geschnittenes „V“ erlaubt es sie kursstabiler zu steuern.

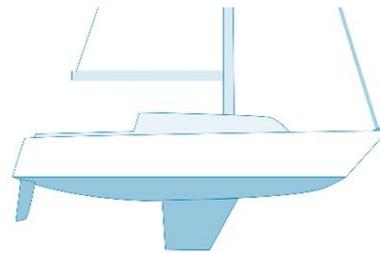


Der klassische **Langkieler** (*long keel*) zeichnet sich durch hohe Seetüchtigkeit aus, verhält sich aber bei Manövern im Hafen und an der Wendemarke unangenehm behäbig.



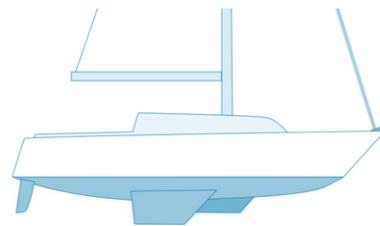
Long keel

Der **Kurzkieler** (*fin keel*) mit unterbrochenem Lateralplan (Kiel und Ruder getrennt) ist wesentlich agiler als der Langkieler, läuft aber bei Welle schneller aus dem Ruder.



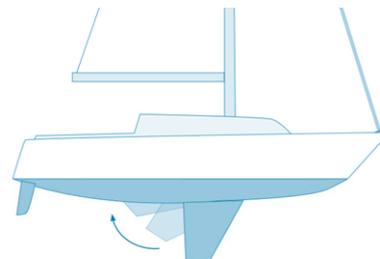
Fin keel

Ein **Kimmerkieler** (*bilge keel*) ist besonders für Gezeiten-
gewässer geeignet, da er beim Trockenfallen plan aufsteht. Er hat aber schlechte Am-Wind-Eigenschaften, wegen der geringen Lateralfäche.



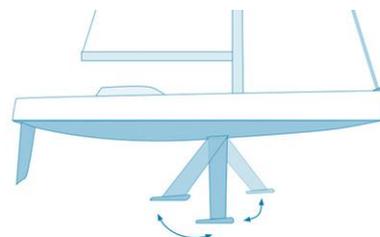
Bilge keels

Schwenk- oder Hubkieler (*lifting keel*) sind ebenfalls in flachen Gewässern geeignet, da man bei ihnen den Tiefgang deutlich verringern kann. Das klappbare oder hochfahrbare Schwert ist aber deutlich leichter als ein klassischer Ballastkiel und verschlechtert die hydrostatische Stabilität des Bootes.



Lifting keel

Bei einem Boot mit **Kippkiel** (*canting keel*) kann der Kiel um eine tief im Schiff liegende Längsachse nach Luv geschwenkt werden, um so das aufrichtende Moment der Kielbombe zu erhöhen. Man spricht auch von einem Pendelkiel.



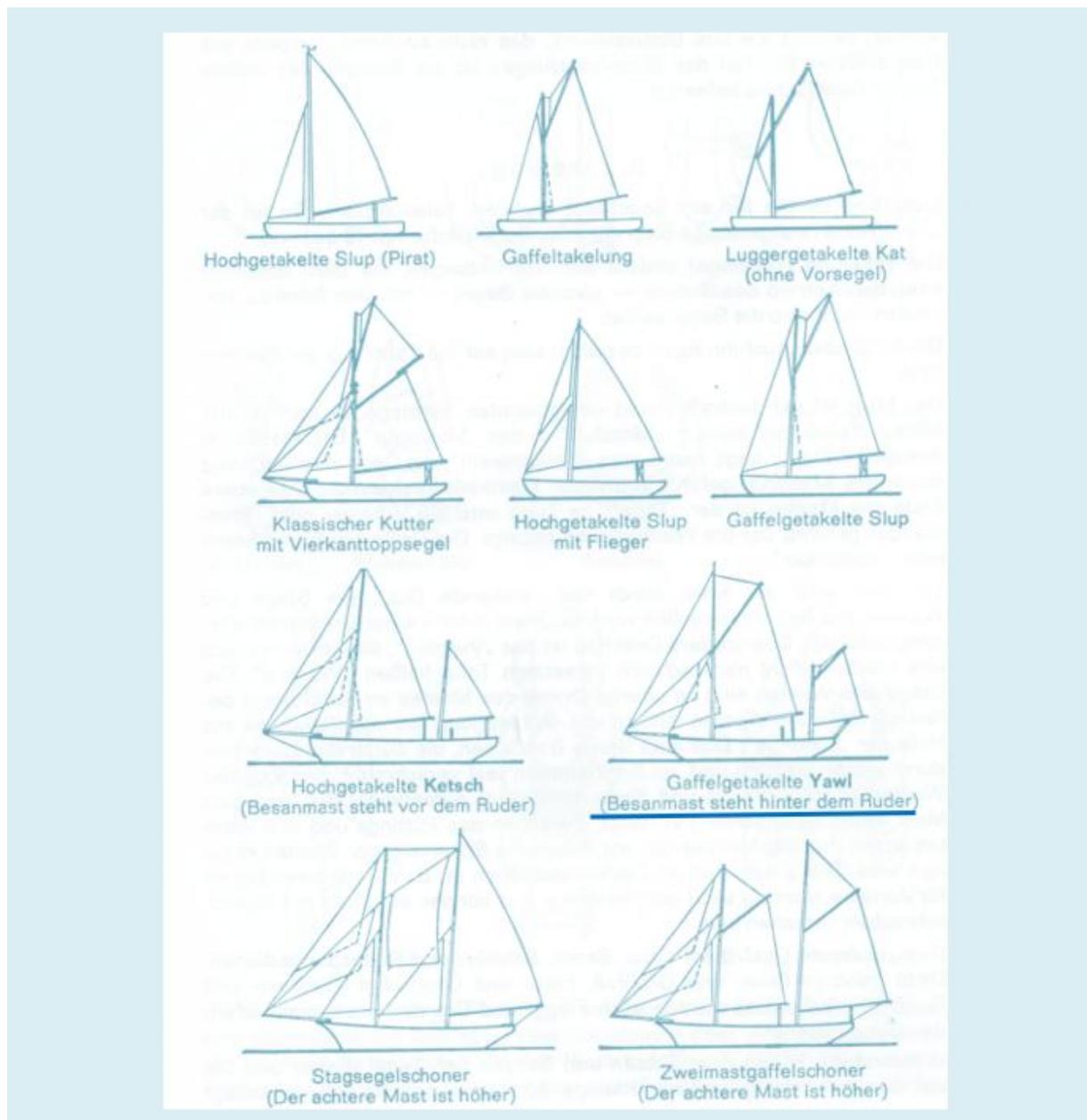
Canting keel

Takelungsarten und Rigg-Einrichtungen

Unter Takelung ([Takelage](#)) – man spricht auch vom Rigg - versteht man alle Vorrichtungen, die dazu bestimmt sind, die Segel mit dem Boot zu verbinden. Die Segel selbst sind nicht Teil des Riggs; [im Einzelnen geht es also um den Mast \(bzw. die Masten\), den Baum \(bzw. die Bäume\), das stehende Gut \(Wanten und Stage\) und das laufende Gut \(Fallen und Schoten\).](#)

B14

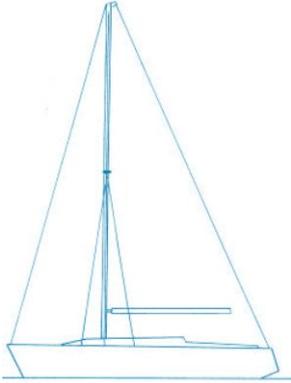
Grob kann man im Yachtbereich folgende Takelungsarten unterscheiden:



B15

Je nach Anschlaghöhe des Vorstages und nach Stellung der Salinge unterscheidet man beispielsweise noch zwischen:

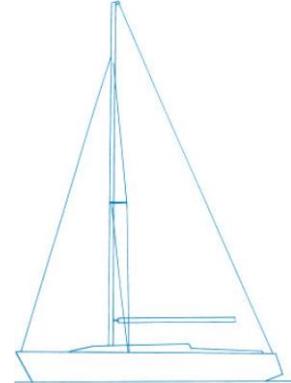
Topp- bzw. Hochtakelung



Partialtakelung (z.B. 7/8-Rigg) mit 90° Saling

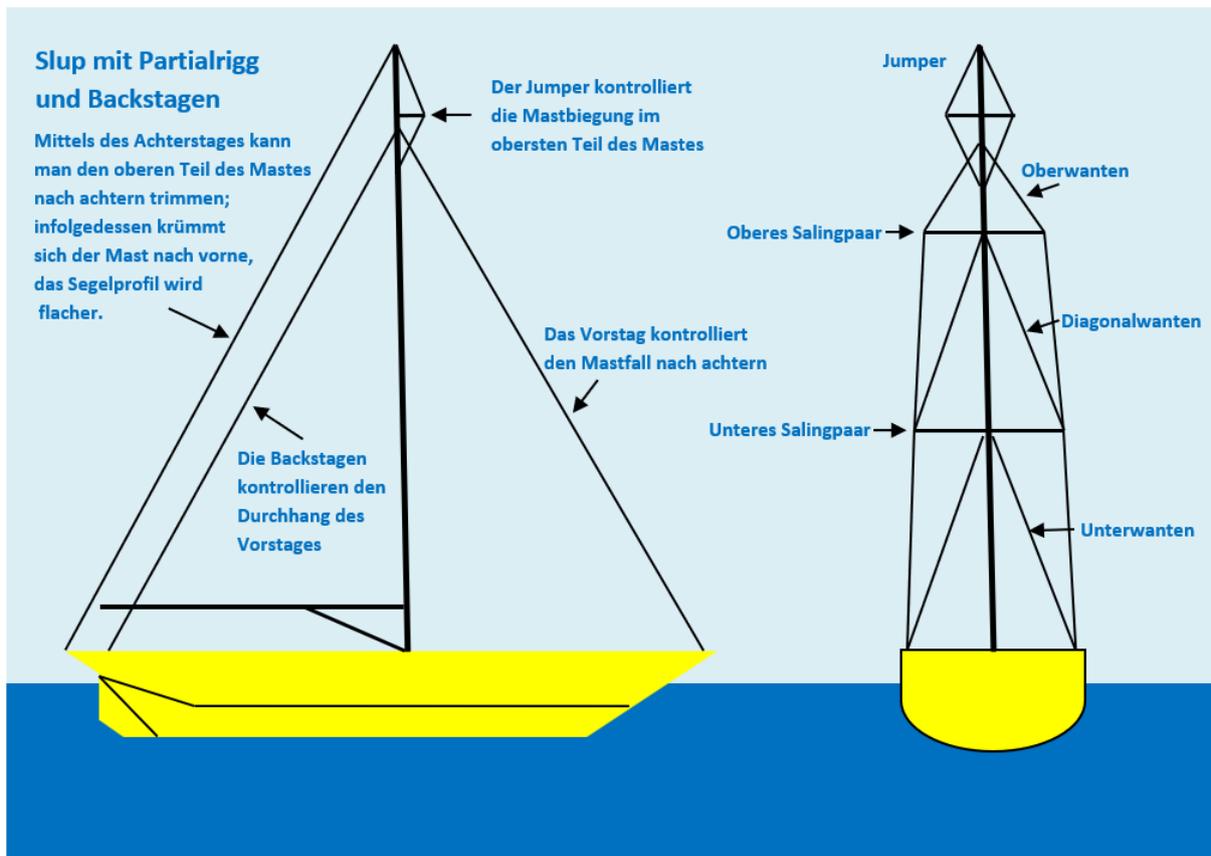


Partialtakelung mit angepeiltem Saling



Die Art des Riggs nimmt Einfluss auf die Trimmöglichkeiten. So lässt sich das Segelprofil mittels der Achterstagsspannung nur bei einer Partialtakelung verändern.

Im Folgenden werden einige Bauteile des Riggs angesprochen, wie man sie auf Fahrtenyachten häufig antrifft:



Aluminium-Masten

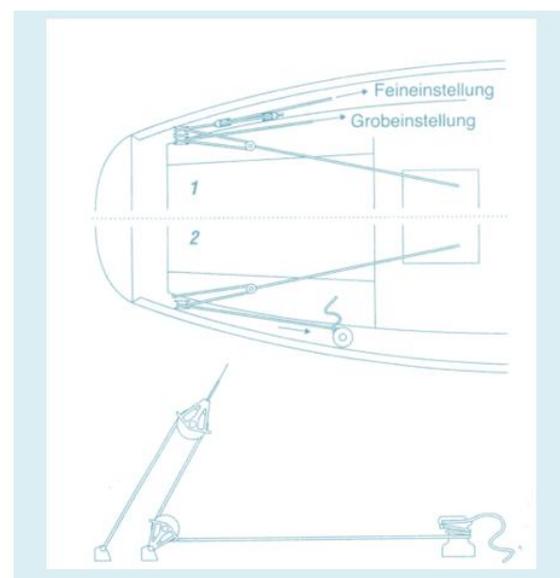
Die seit den 60er-Jahren eingesetzten Aluminium-Masten haben die früher üblichen Masten aus Holz vollständig verdrängt, da sie den Vorteil einer deutlichen Gewichtsersparnis bieten und weniger wartungsintensiv sind. Aus demselben Grund investieren einige Yachteigner mittlerweile in Masten aus Carbon.

Stehendes Gut

Für das stehende Gut werden üblicherweise nichtrostende Stahldrahtlitze genutzt.

Rodkicker

Damit ist eine Stütze für den Grossbaum gemeint, zu der parallel die Niederholertalje (vang) montiert ist. Bei einigen Rodkickern ist eine Gasdruckfeder montiert, die den Grossbaum beim Fieren der Niederholertalje nach oben drückt. Der Rodkicker stützt also den Grossbaum, wenn das Segel nicht gesetzt ist und übernimmt so die Funktion der altbekannten Dirk (topping lift), die nach der Montage eines Rodkickers überflüssig wird, aber noch als Reserve-Grossfall dienen sollte. Die Niederholertalje hingegen verhindert, dass sich der Baum hebt und ist für das Segeln vor dem Wind wichtig.

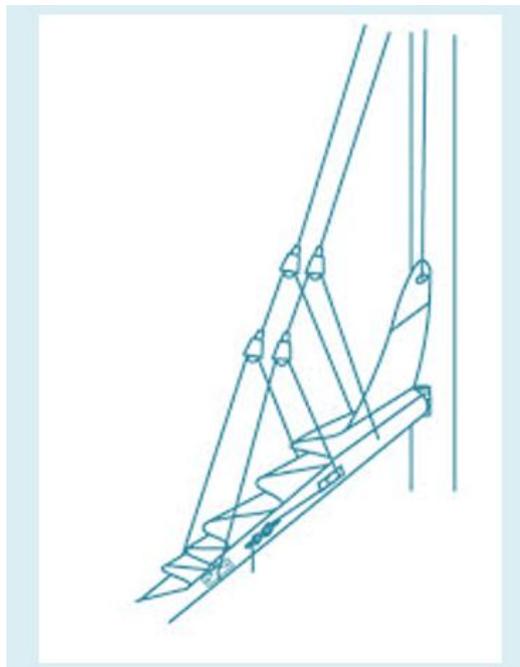


Backstagen

Backstagen werden bei Partialriggs eingesetzt und sind einseitige Achterstagen. Mit ihnen kann man den unvermeidlichen Vorstagdurchhang minimieren und damit die optimale Höhe am Wind segeln. Ausserdem reduzieren Backstagen die Bewegungen im Rigg bei Seegang und geben der Besatzung damit ein besseres "Sicherheitsgefühl". Die Führung der Backstagen (siehe rechte Skizze) erfolgt entweder über ein Taljensystem mit Curryklemmen (1) oder über eine Winsch (2).

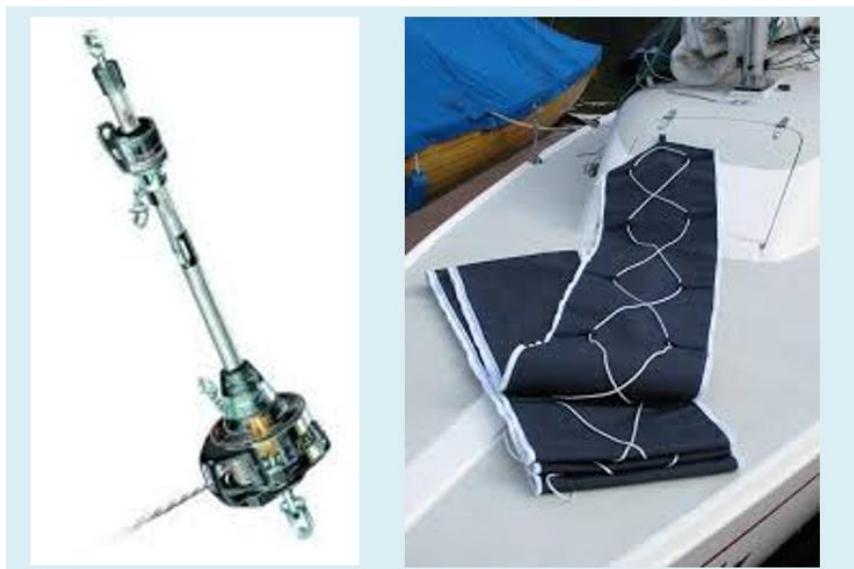
Lazy Jacks

Dies sind Führungsleinen, mit denen das gefierte Grosssegel auf den Baum geleitet wird. Die Lazy Jacks verhindern das unkontrollierte Auswehen des Grosssegels beim Bergen und Setzen. Die Justierleinen werden am Mast belegt, auf einer Höhe von 60% der Vorlieklänge (manchmal auch an der Saling) umgelenkt und laufen über 2-3 Hahnpot-Verbindungen zum Baum. Wenn entsprechende Einschnitte an der Baumpersenning (*lazy bag*) vorgesehen sind, müssen die Lazy Jacks im Hafen nicht beigegeben werden. Während des Segelns werden die Lazy Jacks jedoch in der Regel beigegeben, um dem Grosssegel bei Bedarf bauchig trimmen zu können, ohne in Konflikt mit dem Leinensystem zu kommen.



Vorsegel-Rollreffanlage

Eine bequeme Art die Vorsegelfläche zu verkleinern, bieten die Vorsegel-Rollreffanlagen. Beim Dichtholen der Genua-Rückholerleine drehen sich das Vorsegel um ein Draht- oder Rod-Vorstag und kann bei einer beliebigen Reffgrösse festgesetzt werden. Das Vorstag hat dabei eine Achsenfunktion und darf sich nicht durchbiegen, sonst dreht sich das Profil mit dem Segel zu schwer. Es ist bei der Nutzung einer solchen Anlage also wichtig, dass der Achterstagsspanner immer kräftig durchgesetzt ist.



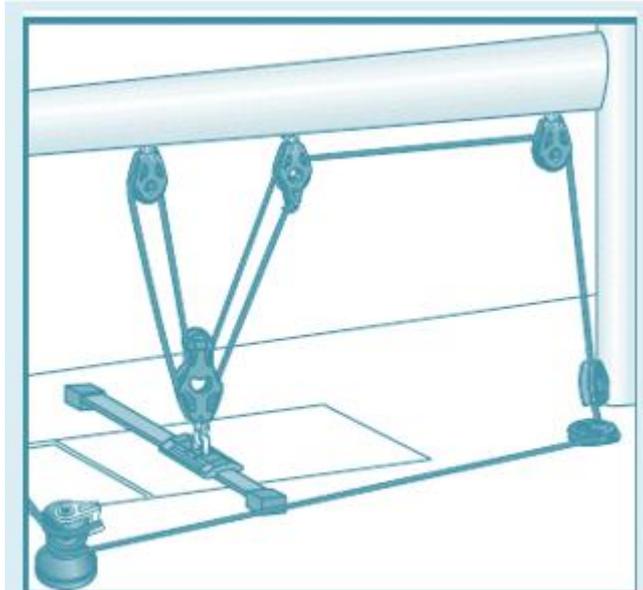
Das aufgerollte Vorsegel lässt sich dann noch durch eine Persenning schützen, die man mit dem (Spi-) Stag auf- und nieder-holen kann.

German-Copper-System

Bei dem 1981 von Judel-Vrolijk entwickelten System zur Führung der Grossschot, wird diese auf Winschen umgelenkt.

Das Cockpit wird dabei komplett ausgespart, es gibt dort also keinen Travellerbalken, keine Blöcke, keine Travellerleinen und keine Schot. Idee ist es dadurch den Lebensraum im Cockpit von Fahrtenyachten zu maximieren und die Gefahren einer schlagenden Grossschot zum Beispiel bei Patenthalsen zu mindern. Die Lösung geht jedoch mit einer geringeren Kontrolle beim Grosseegel-Trimm einher.

Das Problem wird dann noch vergrössert, wenn die Schot - im Gegensatz zur ursprünglichen Judel-Vrolijk-Version – nicht mehr an der Baumnock ansetzt, sondern in der vorderen Hälfte des Baumes, also kurz hinter dem Niederholer. angeschlagen ist. Der Kraftaufwand beim Dicht-holen ist so mehr als doppelt so gross. Das bereitet dem Material Probleme und die bei Serienbooten oft zu klein dimensionierten Winschen sind überlastet. Beim Fieren läuft die Schot wegen der vielen Umlenkpunkte oft schwergängig. Insgesamt wird der Segeltrimm sehr mühsam.



Stabilitätsfaktoren

Anforderungen an eine Fahrtenyacht

Yachten werden nach dem Zweck unterschieden, für den sie konstruiert wurden. So differenziert man beispielsweise zwischen Regatta- und Fahrtenyachten. Während bei ersteren die Wettkampftauglichkeit, sprich ihre Schnelligkeit im Vordergrund steht, sollen letztere bei ihren Einsätzen auch auf längeren Törns vor allem seegängig sein und einen hohen Wohnkomfort bieten. Die Forderung nach ausreichender Seegängigkeit einer Fahrtenyacht ergibt sich aus dem Verständnis des Langfahrtsegelns, bei dem man im Schlechtwetterfall auf sich allein gestellt ist und keinen Schutzhafen anlaufen kann. Dieser Überlegung folgt auch die Definition der CE-Entwurfskategorie A für Hochseeeyachten, die danach für ausgedehnte Fahrten ausgelegt sein müssen, „bei denen Wetterverhältnisse mit Windstärken über 8 Beaufort und Wellenhöhen von über 4 m auftreten können, die diese Boote weitgehend aus eigener Kraft bestehen können (aus: CE-Richtlinie 94/25/EG - Anhang 1).“

Eine Fahrtenyacht unterscheidet sich zudem durch unverzichtbare Ausstattungen, wie dem Dieselmotor mit einem grosszügig dimensioniertem Brennstofftank, der elektrischen Ankereinrichtung, den Geräten in der Bordküche, den WC-Anlagen mit dem Frisch- und Schmutzwassertank etc., welche zu einem Gewichtszuwachs führen, der für die Konstruktion einer reinrassigen Regattayacht nicht wünschenswert ist.

Doch auch Fahrtensegler schätzen das Geschwindigkeitspotential ihrer Yacht, denn ein grosses Etmal erleichtert auf Törns die Passagenplanung und dient letztlich auch der Sicherheit, da man zum Beispiel Schlechtwettergebieten besser ausweichen kann; auf Legerwall geraten, braucht auch ein Fahrtensegler gute Am-Wind-Eigenschaften, um sich wieder freikreuzen zu können (siehe Erklärung zum Polardiagramm im Kästchen unten). Umgekehrt nützt einem Regattasegler keine noch so schnelle Yacht, deren Seetüchtigkeit so eingeschränkt ist, dass dies zu einer latenten Gefährdung in rauer See führt.

Aufgrund dieser Ambivalenz entstand im Bootsbau unter der Bezeichnung „Racer-Cruiser“ ein Schiffstyp, der die beiden Nutzungen miteinander vereinen soll oder anders ausgedrückt weisen „moderne“ Fahrtenyachten heute oft Entwurfsmerkmale auf, wie sie früher nur bei Rennyachten üblich waren. Dazu zählen „ein geringes Displacement, eine grössere Breite und flacher Boden, eine reduzierte Lateralfäche des Rumpfes (Ruder und Kiel getrennt), ein höher liegender Gewichtsschwerpunkt und ein erhöhter Freibord (Marchaj, C.A.: Seetüchtigkeit, der vergessene Faktor, S. 76)“.

Exkurs: Konstruktive Kennzahlen für den Vergleich von Fahrtenyachten und Racer-Cruisern

Ballastanteil:

Seetüchtige Fahrtenyachten weisen einen Ballastanteil von bis zu 40% der Verdrängung auf. Aus Gründen der Stabilität sollte der Ballastanteil bei Fahrtenyachten mit geringem Tiefgang und höherem Gewichtsschwerpunkt nicht unter 25% liegen.

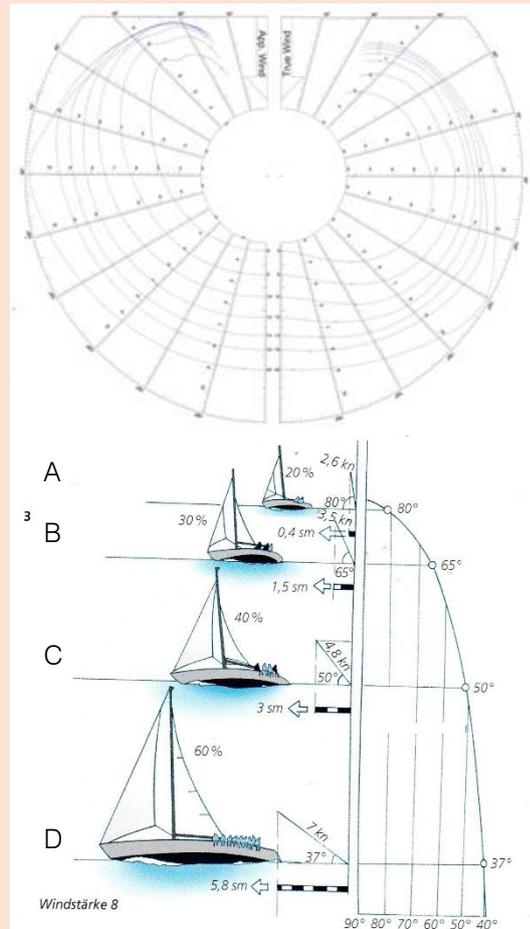
Längen-Breitenverhältnis:

Bei modernen Fahrtenyachten liegt das Längen-Breitenverhältnis meist im mittleren Bereich (> 3,3:1); reine Racer können das Verhältnis 2,2:1 erreichen. Dieser Wert hat starken Einfluss auf die Segeleigenschaften.

Polardiagramm

Zeigt das Geschwindigkeitspotential einer Segel-yacht bezogen auf dessen Kurs zum Wind (apparent wind angle bzw. true wind angle) an.

Racer erreichen die höchste Luvgeschwindigkeit bei deutlich kleineren Windwinkel als Fahrtenyachten oder anders interpretiert: Racer können bei gleicher Geschwindigkeit über Grund höher am Wind laufen. In der nebenstehenden Skizze sehen wir, dass der Racer (Boot D) mit 5,8 kn nach Luv laufen kann, während die grosse Fahrtenyacht (Boot C) nur 3 sm gut macht. Kleinere Yachten (Boot B) und Kielschwerter (Boot A) haben noch grössere Probleme sich in einer Legerwellsituation von der Küste freizuhalten.



Rumpfgeschwindigkeit:

Rechnerisch ermittelbare Grösse, die jedoch unter bestimmten Bedingungen überschritten werden kann. Ein Boot mit geradem Steven hat bei derselben Gesamtlänge eine längere Wasserlinienlänge gegenüber Booten mit herkömmlichen Bugformen.

$$\text{Rumpfgeschwindigkeit } V_r \text{ (kn)} = 2,43 \times \sqrt{\text{Wasserlinienlänge (m)}}$$

Segeltragezahl:

Verhältnis von Segelfläche zur Verdrängung. Wieviel Segelfläche eine Yacht bis zum Reffen tragen kann, hängt von der Tiefe des Gewichtsschwerpunktes und der Stabilität ab. Der Wert eines Grosseglers liegt bei 3,4 bis 4, der einer typischen Fahrtenyacht bei 4 bis 5, steife Cruiser-Racer erreichen über 5 und Rennyachten bereits über 6.

$$\text{Segeltragezahl STZ} = \sqrt{(2 \times \text{Segelfläche (qm)}) / \sqrt[3]{\text{Verdrängung (t)}}$$

Nun stellt sich automatisch die Frage, ob Fahrtenyachten, die nach diesem Entwurfskonzept gebaut werden, hinsichtlich ihrer Seetüchtigkeit eingeschränkt sind; ob also der Entwurfskompromiss zu einer Beeinträchtigung ihrer Sicherheit führt.

Spätestens seit dem verheerenden Fastnet-Rennen von 1979 mit 15 Todesopfern und 24 aufgegebenen Yachten (136 Segler wurden aus Seenot gerettet) und dem ebenso dramatischen Sydney-Hobart Rennen von 1998, bei dem von 115 gestarteten Booten nur 44 das Ziel erreichten, 55 Segler aus Seenot gerettet wurden und sechs ihr Leben verloren, wird unter den Experten die Frage diskutiert, ob die anhaltende Tendenz zu Leichtdisplacement-Yachten mit der Forderung nach einer hohen Stabilität einer Yacht vereinbar sind.

Fastnet-Race 1979: Ausfallstatistik aufgeteilt in Klassen nach Bootsgrössen von 8.50 m bis 26 m

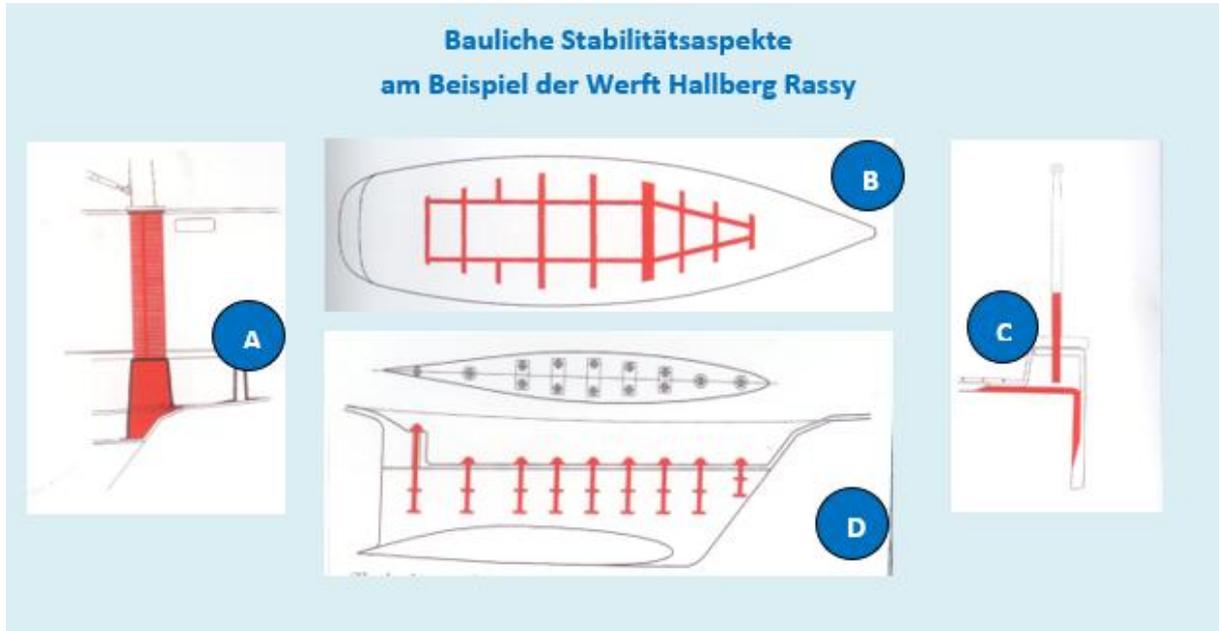
Klasse	Länge (ft)	gestartet	beendet	aufgegebene Yachten	B1 (90° *-Kenterungen	B2 (90-360°) - Kenterungen
O	42,1 - 70	14	13	0	3 (38%)	0
I	33 - 42	56	36	1	11 (28%)	6 (15%)
II	29 - 32.9	53	23	0	14 (35%)	4 (10%)
III	25.5 - 28.9	64	6	6 (12%)	28 (54%)	24 (46%)
IV	23 - 25.4	58	6	8 (17%)	25 (54%)	20 (43%)
V	21 - 22.9	58	1	9 (17%)	30 (64%)	22 (47%)

*Auch als „Knock-down“ bekannt

RYA/RORC: report - Fastnet Race Inquiry (www.blur.se/images/fastnet-race-inquiry.pdf)

Konstruktive Stabilität

Die Verwendung des Begriffes „Stabilität“ wird unterschiedlich weit gefasst. Natürlich gehören zur Stabilität eines Schiffes verschiedene Aspekte. Einen Bereich bilden dabei bauliche Aspekte, wie die Festigkeit der Rumpfkonstruktion, der Schutz von Decksöffnungen, die Lagerung des aufstehenden Mastes auf dem Kielschwein oder auf einer kräftigen Maststütze (A), Bodenverstärkungen zur Aufnahme grosser Riggkräfte (B), eine haltbare Befestigung der Relingstützen im Schanzkleid (D), eine solide Befestigung des Kiels (etc.).



Kontrovers diskutiert wird die Lagerung des Mastes. Dieser kann entweder auf dem Kiel gelagert sein oder auf dem Cockpitdach. Die Lagerung auf dem Kiel führt zu einer höheren Stabilität des Riggs. Demgegenüber steht eine schlechtere Trimmbarkeit, da die Mastbiegung limitiert ist. Deswegen findet man bei Cruisern oft die erste Variante und bei Racern die zweite Variante an.

Anmerkung: Die Kielbolzen, welche den Kiel mit dem Rumpf verbinden, müssen von Zeit zu Zeit kontrolliert werden. Man muss dabei auf eine feste Verschraubung achten. *Stellt man Rostspuren oder bei GfK-Yachten Haarrisse im Umfeld der Bolzen fest, deutet dies auf eine zurückliegende Grundberührung hin.* Dies muss man ernst nehmen, da sonst ein Leck oder der Komplettverlust des Kiels drohen. Man kann sich vorstellen, dass sich der Verlust des Kiels gravierend auf das Stabilitätsverhalten des Bootes auswirken würde. Ein solcher Vorfall führte zum Niedergang der englischen Nobelwerft Oyster.

Bereits vor der Bauausführung spielen die Stabilitätsaspekte eine bedeutende Rolle im Entwurf einer Yacht. Keiner der folgenden Konstruktionsparameter ist ohne Zusammenhang mit der Stabilität (vgl. dazu auch: Scharping, H. Dieter: Konstruktion und Bau von Yachten, S. 72 ff.):

Länge	Breite	Tiefgang	Freibordhöhe	Gewicht	Gesamtsegelfläche	Auftriebsvolumen
Rumpfschwindigkeit	Segeltragungsfähigkeit	Lateralplan	Decksprung	Ballastanteil	Segelverteilung	Reserveauftrieb
Wasserlinienfläche	Seegangverhalten	Ruderfläche und -profil	Balkenbucht	Aufbauten	Mastposition und Riggart	Spantenform
Decklänge	Tankverteilung	Lateraldruckpunkt	Stehhöhe	Kojenzahl	Segel- druckpunkt	Bugform und Heckform
Anordnung Cockpit	Form- Schwerpunkt	Kurs- stabilität		Baumaterial	Reffgrenze	Breite des Spiegels
				Tank- volumen		
				Gewichts- Schwerpunkt		

Zentrales Element der **konstruktiven Stabilität** ist jedoch die Rumpfform. „Die Rumpfform hat einen sehr entscheidenden Einfluss auf die Seetüchtigkeit und die Seefreundlichkeit. Diese Eigenschaften sind abhängig von der Verteilung von Gewicht und Auftrieb in Verbindung mit der richtigen Proportion und Form des Rumpfes (Marchaj, C.A.: Seetüchtigkeit, der vergessene Faktor, S. 80).“

Bei einer statischen Betrachtung (Glattwassersituation) fokussiert sich die Beurteilung der Stabilität also auf die Fähigkeit einer Yacht sich aufgrund der gewählten Rumpfform aus einer durch Winddruck erzeugten gekrängten Lage wiederaufzurichten. In vivo gestaltet sich die Beurteilung dieser so genannten Querstabilität einer Yacht jedoch komplexer, da ein ausreichendes aufrichtendes Moment in einer Glattwassersituation keine Garantie für ein sicheres Bewegungsverhalten der Yacht in bewegter See ist. Wir beschäftigen uns im Weiteren deshalb zunächst mit der hydrostatischen Stabilität einer Yacht und sodann mit ihrer Stabilität im Seegang.

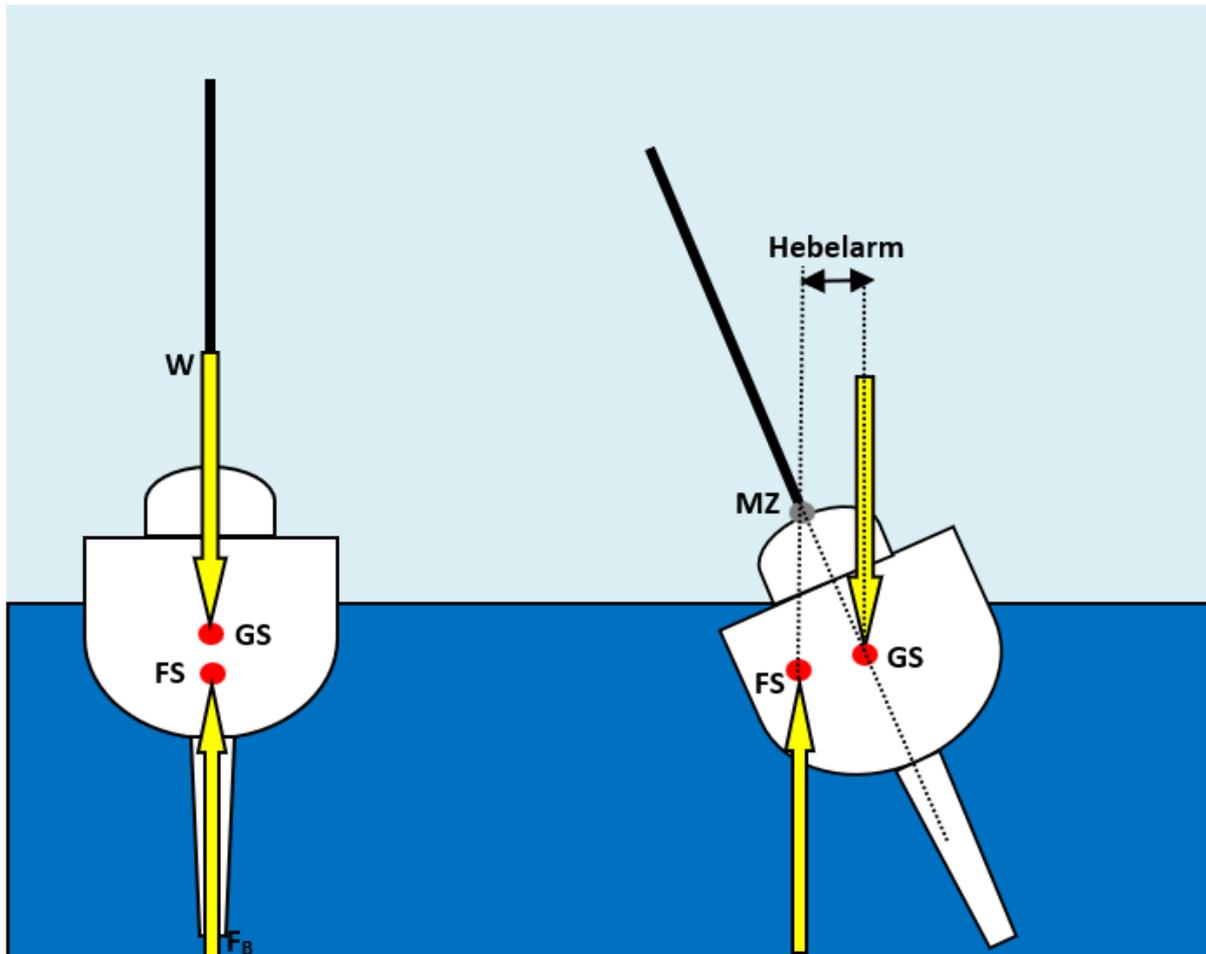
Exkurs: Freiflächeneffekt (free-surface effect)

Die auf den folgenden Seiten zu lesenden Ausführungen zur hydrostatischen Stabilität eines Bootes gehen davon aus, dass dieses unversehrt ist. Sollte sich Wasser in der Bilge ansammeln, beispielsweise durch ein Leck im Rumpf oder auch einen auslaufenden Wassertank, würde dies eine Krängung des Bootes verstärken. Sein Gewichtsschwerpunkt würde sich verlagern und die übliche Stabilität stark beeinträchtigen. Das Problem kann auch bei fast entleerten Tanks auftreten, wenn das Wasser in Ihnen stark schwanken kann. Viele Tanks haben deswegen integrierte Trennbleche, die das Schwappen des Wassers begrenzen sollen.

Hydrostatische Stabilität

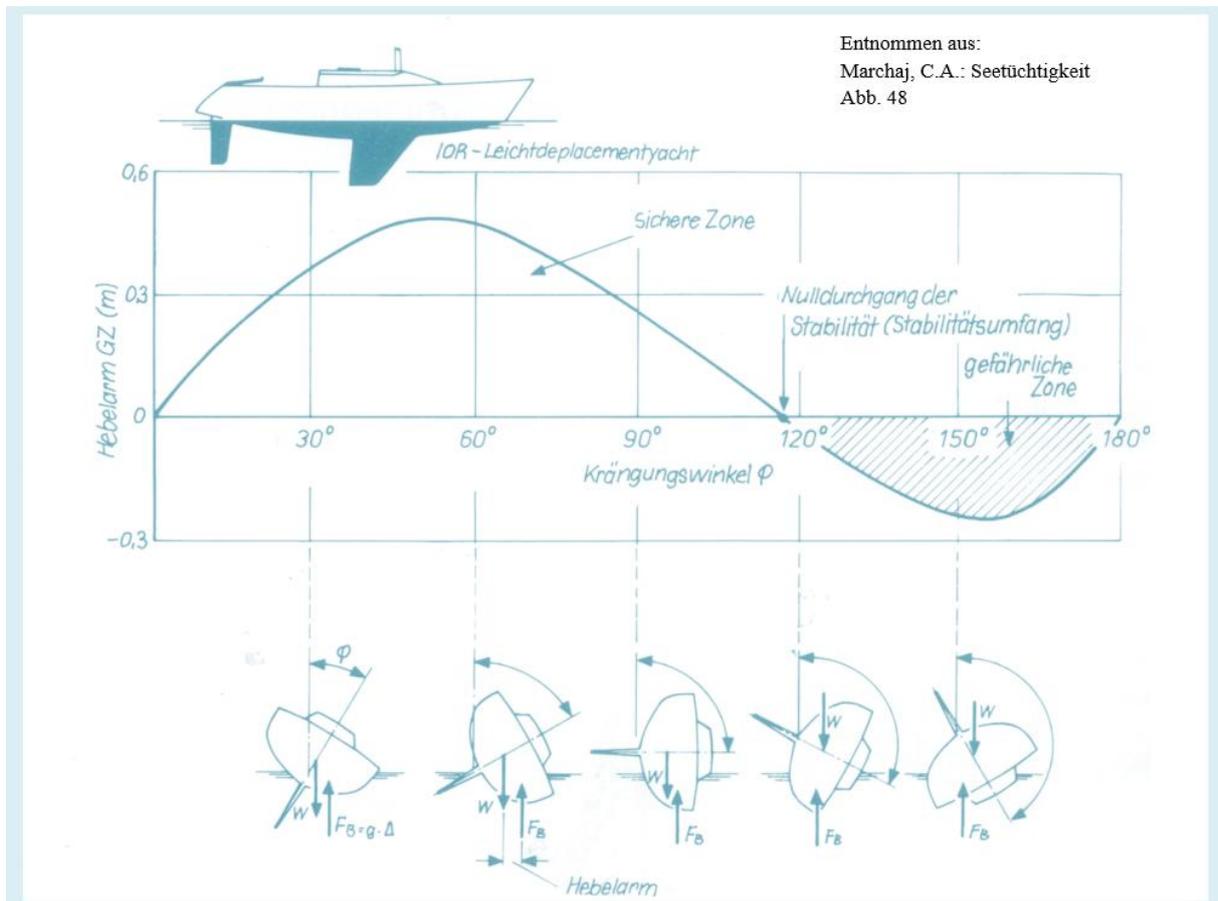
Bei der Beurteilung der hydrostatischen Stabilität einer Yacht geht man vom Glattwasserfall aus, das heisst man ignoriert die Existenz von Wellen und Wind. Bei einer unter solchen Prämissen angestellten Betrachtung wirken dann nur noch zwei Kräfte:

- Die senkrecht nach oben gerichtete **Auftriebskraft F_B**
= Erdbeschleunigung g x Masse des Verdrängungsvolumens (Displacement), welche im Verdrängungs-, bzw. Formschwerpunkt **FS (center of buoyance CB)** angreift
- Die Resultierende aller **Gewichte W**
wirkt senkrecht nach unten durch den Gewichtsschwerpunkt **GS (center of gravity CG)**



Die Auftriebs- und die Gewichtskraft bestimmen die Schwimmelage des Bootes. Nimmt es eine aufrechte Lage ein, wirken die beiden Kräfte entlang derselben Linie. Wird diese Lage nun aus der Balance gebracht und das Boot bekommt eine Krängung, dann wandert der Formschwerpunkt „FS“ seitlich aus. Die seitliche Verschiebung des Formschwerpunktes „FS“ in Bezug auf den Gewichtsschwerpunkt „GS“ bildet einen aufrichtenden Hebelarm „GS – Z“ (**righting lever**). Multipliziert man den Hebelarm mit der Masse des Bootes erhält man das aufrichtende Moment (**righting moment RM**), also eine Kraft, die die aufrechte Lage wiederherstellen möchte. Somit ist die Länge dieses Hebelarms ein Mass für die hydrostatische Stabilität eines Bootes und damit übrigens auch für sein Segeltragevermögen. Das Metazentrum „MZ“ ist der Schnittpunkt der beiden Kräfte; auf diesen Punkt gehen wir weiter unten noch ein.

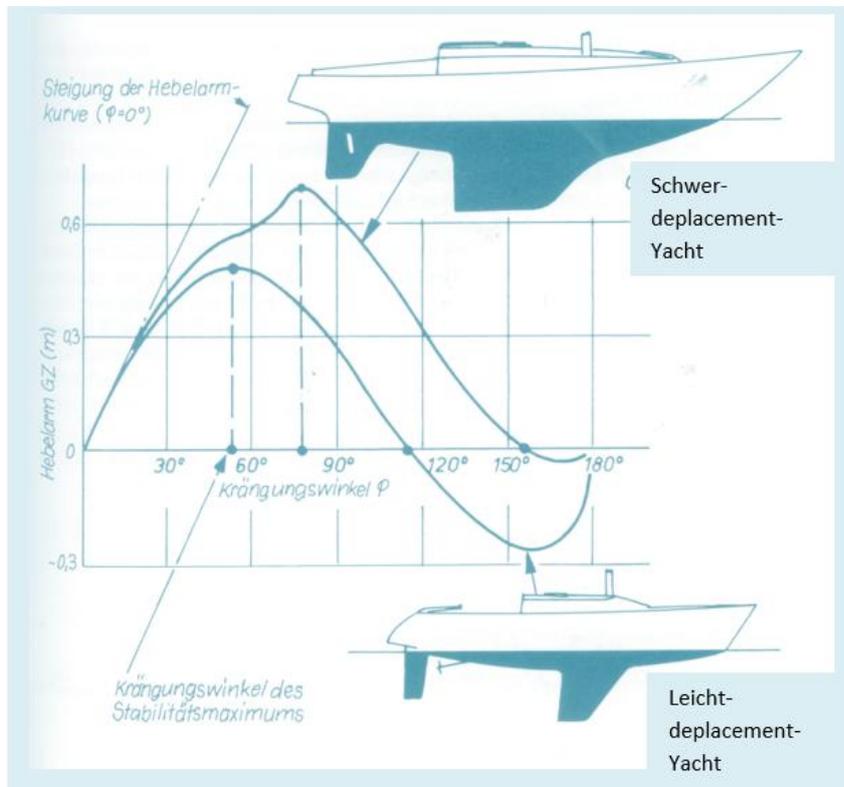
Für eine bestimmte Rumpfform mit bekannter Lage des Gewichtsschwerpunktes „GS“ lässt sich der aufrichtende Hebelarm nun für alle Krängungswinkel errechnen und in einer Kurve darstellen:



Dabei gibt es folgende Feststellungen:

- Die Yacht hat eine hohe Anfangsstabilität, was für breite Rümpfe typisch ist.
- Die grösste Stabilität tritt bei einem Krängungswinkel von ca. 50° ein, danach nimmt die Stabilität stark ab. Das Boot hat also eine geringe Endstabilität. Bei böigem Wind sollte man den Krängungswinkel also deutlich unter 50° halten, um eine Reserve an Steifigkeit zu haben.
- Bereits bei weniger als 120° Krängung kehrt sich der Hebelarm um und die Stabilität wird negativ. Der Bereich positiver Stabilität wird auch als Stabilitätsumfang (*angle of vanishing stability*) bezeichnet. Dies ist die „sichere Zone“. Ist der Stabilitätsumfang gering, dann existiert eine ausgeprägte „gefährliche Zone“, wie hier zu sehen. Ist die Yacht gekentert und liegt kieloben braucht es eine erneute Neigung von immerhin 63°, bevor sie sich wiederaufrichtet. In der Praxis bedeutet dies, dass die Yacht bis zu ihrer Bergung kieloben treiben wird.

Vergleicht man nun die Stabilitätseigenschaften nahezu gleich langer Boote mit unterschiedlichen Konstruktionskonzepten werden deutliche Unterschiede sichtbar. Den Verlauf der unteren Kurve für eine Leichtdeplacement-Yacht kennen wir schon. Stellen wir diesem nun den Verlauf der Kurve für die Stabilität einer Schwerdeplacement-Yacht gegenüber:



Entnommen aus:
Marchaj, C.A.: Seetüchtigkeit,
Abb. 49

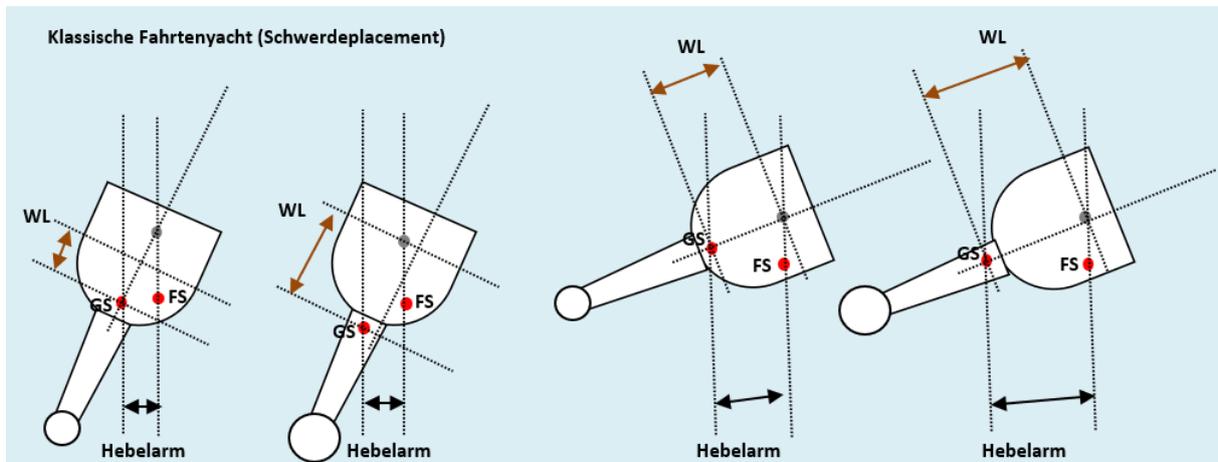
Die vorliegenden Daten hat
C.A. Marchaj dem Fastnet-
Untersuchungsbericht der
RYA und des RORC
entnommen.

Bei der Schwerdeplacement-
Yacht handelt es sich um eine
Comtesse 32, die die Regatta
in ihrer Klasse als einziges
Boot im Ziel beendete (siehe
dazu auch Anhang 1).

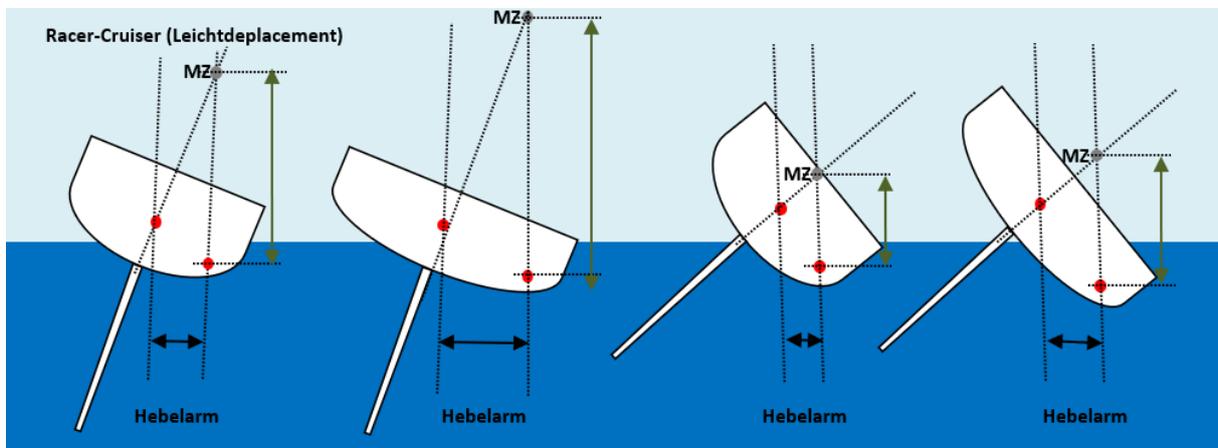
- Die hohe Anfangsstabilität weist auch diese Yacht auf. Das Stabilitätsmaximum wird aber deutlich später, nämlich bei circa 80° Krängung erreicht. Bei böigem Wind kann man mit einem grossen Krängungswinkel fahren, da eine hohe Reserve an Steifigkeit besteht (siehe in der Literatur auch unter Windkrängungskurve (WH wind heeling curve)).
- Die Stabilität bleibt bis über 150° positiv, das heisst diese Yacht verfügt über einen wesentlich grösseren Stabilitätsumfang. Ein Stabilitätsumfang von weniger als 120° ist für eine Fahrtenyacht erfahrungsgemäss als kritisch einzustufen. Für Schiffe der Design-Kategorie A (seetüchtig bis Beaufort 8 und einer signifikanten Wellenhöhe von bis zu 4 m) wird sogar ein Stabilitätsumfang von 130° bei Booten über 12 m LüA und von 140° bei Booten mit einer geringeren LüA empfohlen.
- Die gefährliche Zone negativer Stabilität ist auf eine Krängung zwischen 156° und 180° begrenzt. Ist die Yacht gekentert und liegt kieloben, braucht es nur eine erneute Neigung von 24°. Das bedeutet, dass eine sicher konstruierte Fahrtenyacht unter extremen Bedingungen zwar durchkenten kann, sich aber - im Gegensatz zu Racern mit flachen, jollenartigen Rümpfen und Katamaranen - wieder selbsttätig aufrichtet.

Die hydrostatische Stabilität ergibt sich also aus der Formstabilität und der Gewichtsstabilität. Klassische Fahrtenyachten waren seit jeher durch ihre Gewichtsstabilität gekennzeichnet, das heisst sie haben aufgrund ihres schweren (Blei-)Kiels einen tiefen Gewichtsschwerpunkt unterhalb der Wasserlinie. Racer-Cruiser sind jollenähnlich gebaut, ihr Gewichtsschwerpunkt liegt oberhalb der Wasserlinie und sie sind eindeutig auf Formstabilität ausgelegt.

Die folgenden Zeichnungen soll verdeutlichen, wie sich diese unterschiedlichen Konzepte auf die Gesamtstabilität auswirken:



Bei einer leichten Krängung leistet die Gewichtsstabilität einen geringen Beitrag zur Gesamtstabilität. Bei einer starken Krängung ist dies anders. Dies wird am deutlichsten, wenn man den Gewichtsschwerpunkt bei gleichbleibender Krängung verlegt. Die Stärke der wirkenden Gewichtsstabilität kann man am braunen Pfeil erkennen (Abstand von Gewichtsschwerpunkt zur Wasserlinie). Die Gewichtsstabilität nimmt bei leichter und starker Krängung in gleichem Mass zu, aber die dadurch ausgelöste Zunahme der Gesamtstabilität (sichtbar an der Länge des Hebelarms) gestaltet sich deutlich unterschiedlich.



Umgekehrt verhält es sich mit der Formstabilität. Diese leistet bei leichter Krängung (bis circa 30°) einen deutlichen Beitrag zur Gesamtstabilität. Betrachtet man zwei unterschiedlich breite Boote bei identischer Krängung wird dies am deutlichsten. Eine Zunahme der Breite, wie auch eine stärkere Ausladung der Bordwand (= Spantausfall) führen zu einer signifikanten Zunahme der Formstabilität; ihre Stärke kann man am grünen Pfeil erkennen, man spricht von diesem Abstand zwischen dem Formschwerpunkt und dem Metazentrum auch von der metazentrischen Höhe. Mit der Zunahme der Formstabilität erfährt auch die Gesamtstabilität, erkennbar am Hebelarm, eine spürbare Stärkung. Breite Schiffe sind deshalb bei geringer Krängung ausgesprochen steif und erscheinen der Crew deshalb oft als sicherer. Dieser Effekt nimmt bei starker Krängung jedoch schnell ab und führt zu einer geringen Endstabilität und der oben bereits beschriebenen grossen Zone negativer Stabilität.

In einem begrenzten Masse kann man die fehlende gewichtsbedingte Stabilität einer Yacht, wie beim Jollensegeln, durch den Gewichtstrimm der Crew ausgleichen. Durch Belastung des Luv-Rumpfes kann der Gewichtsschwerpunkt seitlich verschoben werden, der verlängerte Hebelarm lässt bei einem Vierteltonner

beispielsweise eine Zunahme der Gesamtstabilität von bis zu 30% erwarten. Dieser Effekt nimmt bei grösseren Yachten jedoch rasch ab und zudem gilt ein Gewichtstrimm mittels der Crew im Fahrtensegeln nicht als probates Mittel der Schiffsführung.

Stabilitätsindex (stability index) STIX

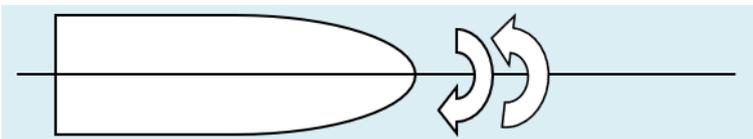
Die ISO hat einen Standard für die Stabilität und das Aufrichtvermögen von Schiffen definiert. Dieser wird STIX genannt und berücksichtigt diverse Stabilitätsfaktoren, wie die Länge des Bootes, seine Verdrängung (**displacement**), seinen Ballastanteil (**high ballast ratio**), seinen Stabilitätsumfang (**angle of vanishing stability**), sein aufrichtendes Moment (**righting moment**), seine Breite im Verhältnis zur Länge (**beam-to-length relation**), seinen Freibord (**freeboard**), seine Deckstruktur und sein Kielprofil (**keel profile**). Als Minimumwert gilt für seegängige Yachten der Designkategorie A ein STIX von 32.

Dynamische Stabilität

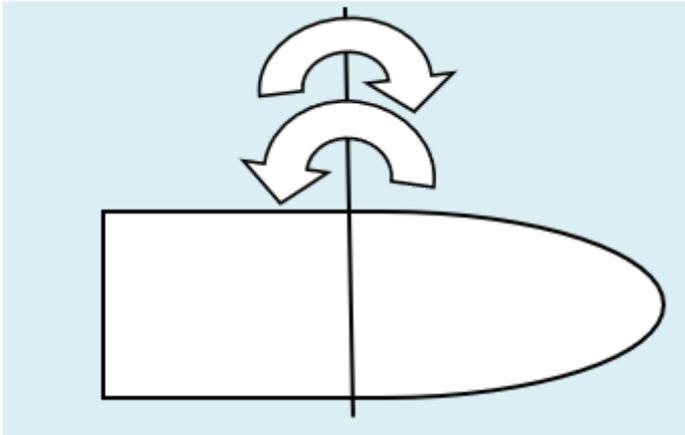
Am Liegeplatz im geschützten Hafenbecken mögen die Prämissen der hydrostatischen Stabilitätsberechnung eingehalten werden. Fahrtenyachten werden aber für einen Einsatz auf See gebaut, deswegen interessiert ihr Bewegungsverhalten im Seegang unter der Einwirkung von Wellen-, Trägheits – und Dämpfungskräften. Eine statisch stabile Yacht ist nicht unbedingt auch dynamisch stabil. Es gibt sowohl aerodynamische als auch hydrodynamische Ursachen für dynamisch instabiles Verhalten einer Yacht.

Äussere Kräfte können zu einem Aufschaukeln der Yacht, also zu einem unangenehmen oder sogar gefährlichem Bewegungsverhalten führen. Dabei werden sechs Bewegungsrichtungen unterschieden, die auch gekoppelt auftreten können:

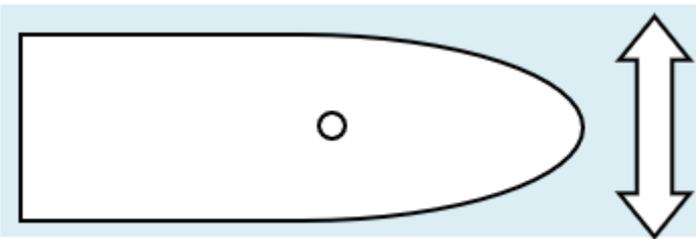
1. Eine einmalige Bewegung um die Längsachse führt zur Krängung mit Schlagseite. Beim „**Rollen**“ (**rolling**) krängt die Yacht jedoch rhythmisch um ihre Längsachse. Rollbewegungen entstehen auf Vorwindkursen mit achterlicher See und werden durch den Wellengang in Kombination mit aerodynamischen Einflüssen ausgelöst. Wir bewegen uns hier im Problemfeld der Querstabilität.



2. Ein einmaliges Drehen der Yacht um ihre Querachse verändert ihre Trimmlage. Beim „**Stampfen**“ (**pitching**) schwingt die Yacht jedoch mehrfach um ihre Querachse und das Vorschiff taucht periodisch ein. Dies tritt vor allem auf Am-Wind-Kursen auf; also muss man abfallen, um mehr Fahrt aufzunehmen und verliert dabei permanent an Höhe, es entsteht unter Umständen eine gefährliche Legerwall-Situation. Wir bewegen uns hier im Problemfeld der Längsstabilität.



3. Beim „**Gieren**“ (**yawing**) vollzieht die Yacht eine schwingungsförmige Drehbewegung um ihre Hochachse; dieser Effekt tritt vor allem bei vorlicher-als-querab anlaufender Welle auf. Wird rhythmisches Gieren durch ungeschicktes Steuern verstärkt kann die Yacht quer-schlagen und plötzlich In-den-Wind-schiessen.



4. Von „**Längsschwingung**“ (**surging**) spricht man, wenn eine Yacht auf einem Vor-dem-Wind-Kurs mit achterlicher See anfängt zu surfen; das heisst sie wird auf der Vorderseite der Welle beschleunigt und auf der Rückseite abgebremst. Hat die Yacht im Vorschiff nun zu wenig Reserveauftrieb bohrt sich ihr Bug in die Rückseite der vorauslaufenden Welle und die Yacht kann sich überschlagen. Diese Gefahr ist besonders bei kurzen, steilen Wellen zu Beginn eines Sturms, in flachem Wasser oder bei gegen den Wind stehender Tide gegeben.
5. Beim „**Querversetzen (Driften)**“ (**swaying**) wird die Yacht, bei See von querab, abwechselnd nach Backbord und nach Steuerbord versetzt. Dieser Effekt tritt bei Sturmbedingungen und verminderter Fahrt auf. Dagegen hilft Beidrehen mit dicht geholtem Trysegel, back gesetzter Sturmfock und nach Lee festgesetzter Ruderpinne.
6. Das „**Tauchen**“ (**heaving**), also eine Auf- und Abwärtsbewegung der Yacht bezogen auf ihre Schwimmelage bei glatterem Wasser, verstärkt den Rolleffekt.

Eine dynamisch stabile Yacht wirkt also diesen Bewegungen entgegen; sie besitzt das Vermögen nach einer Störung durch äussere Kräfte „in einer abklingenden periodischen Bewegung wieder in ihre Ausgangslage zurückzukehren (Marchaj, C.A.: Seetüchtigkeit, der vergessene Faktor, S. 134).“

Von den Bewegungen einer Yacht im Seegang ist das Rollen diejenige Bewegung, die am deutlichsten in Erscheinung tritt und abgesehen vom Überschlagen in Längsrichtung für gewöhnlich die ernsthaftesten Folgen hat. Das Rollen führt in rauer See oft zu schweren Schäden am Rigg und im schlimmsten Fall zum Untergang nach vorausgehender Kenterung.

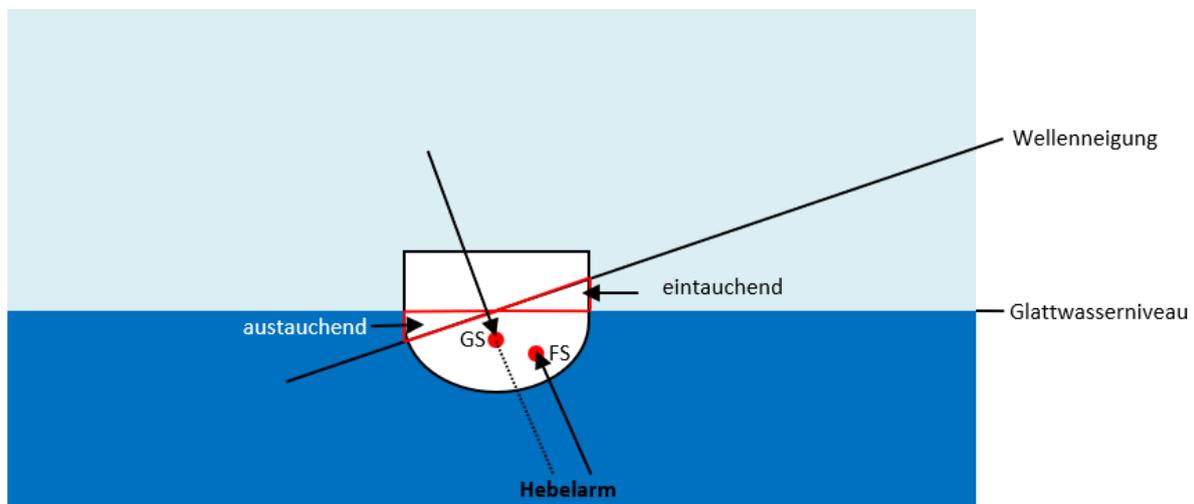
Aerodynamisch erregtes Rollen entsteht durch die von den Segeln erzeugten Luvkräfte, die bei achterlichem Wind nicht konstant wirken. Durch ihre Selbstbewegung entziehen Segel dem Wind Energie und

lösen so eine Rollschwingung aus. Das rollende Rigg selbst produziert dann die sich periodisch ändernden Luftkräfte, die die Schwingungen verstärken. Die stärksten Rollschwingungen entstehen, wenn der gesegelte Kurs zum scheinbaren Wind zwischen 120° und 195° liegt.

Um die Rollschwingungen wieder abklingen zu lassen, müssen sich die Energiezufuhr (infolge der aerodynamischen Segelwirkung) und der Energieabbau (infolge der hydrodynamischen Rumpfwirkung) die Waage halten; so nimmt die Rollamplitude wieder ab. Es gibt also eine Rückwirkung des Rumpfes auf das Segel. Eine hohe Massenträgheit des Rumpfes (grosses Deplacement) und eine genügende hydrodynamische Dämpfung (grosse Lateralfäche) bewirken den erforderlichen Energieabbau.

Hydrodynamisch erregtes Rollen entsteht durch die Welleneinwirkung vor allem bei achterlicher See und Überkorrekturen des Rudergängers. Interessanterweise ist es just die hydrostatische Stabilität der Yacht, die das Rollen auslöst. Dies hängt damit zusammen, dass im Wellengang Zentrifugal- und Fliehkräfte hinzukommen, die dazu führen, dass sich die beiden bekannten Kräfte, nämlich die auf den Gewichtsschwerpunkt wirkende Gewichtskraft und die auf den Formschwerpunkt wirkende Auftriebskraft, nun nicht mehr auf das Glattwasserniveau ausrichten, sondern auf die Wellenneigung.

Der an sich aufrichtende Hebelarm wird so zum krängenden Hebelarm; er ist bemüht den Rumpf so weit zu rollen, bis die Yacht mit dem Mast rechtwinklig zur Wellenneigung schwimmt; erst dann wäre das statische Gleichgewicht wiederhergestellt. Bei Leichtdeplacement-Yachten mit ihrer aus der metastatischen Höhe gewonnenen Anfangsstabilität tritt die „krängende“ Wirkung des Hebelarms sofort ein.



So wird die Rollbewegung eingeleitet. Die weitere Entwicklung hängt nun davon ab, wie sich die Rolleigenbewegung der Yacht gestaltet und wie sich die Periode der Rolleigenbewegung zu der Periode der Wellenbegegnung verhält. Im schlimmsten Fall ergeben sich zwischen diesen beiden Kräften phasengleiche Perioden und es entsteht eine Resonanzwirkung bei der sich die Rollbewegungen immer weiter „aufschaukeln“. Die kurzen, steilen Wellen zu Anfang eines auftretenden Sturms sind bekanntlich am unangenehmsten. Sie treten in kurzer Periode auf und treffen Yachten mit einer ebenfalls kurzen Rollperiode am heftigsten.

Der Rolleigenbewegung der Yacht wirkt ihre Massenträgheit entgegen. Je träger eine Yacht ist, desto kleiner ist der Rollwinkel und desto länger die Rollperiode. Die Trägheit ist dabei weniger eine Frage des Gesamtgewichtes, also der absoluten Masse, sondern resultiert mehr aus der Massenverteilung. Da man

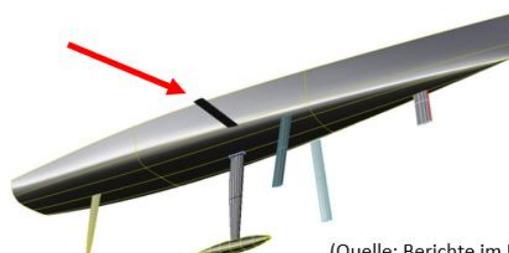
vereinfachend davon ausgeht, dass die Rollachse einer Yacht durch ihren Gewichtsschwerpunkt «GS» verläuft, ist die Entfernung der Einzelmassen (also der von Rumpf, Mast, Ballast etc.) zum Gewichtsschwerpunkt entscheidend. Eine grosse Entfernung der Massen erhöht die Trägheit der Yacht und hilft die Rollperiode zu verlängern und die Rollwinkel zu verkleinern. Ein Attribut, was jedoch eher für Schwerdeplacement-Yachten zutrifft.

Ein letzter Zusammenhang zwischen der Rumpfform und der Stabilität, der hier angesprochen werden soll, ergibt sich aus der Erkenntnis, dass sich die Wirkung des „krängenden“ Hebelarms in der Welle nicht an der Neigung der Wellenoberfläche orientiert, sondern an der Neigung der unteren Wasserschichten, konkret der Wasserschicht, in der der Verdrängungsschwerpunkt liegt. Dabei ist spannend, dass die Neigung unterer Wasserschichten weitaus geringer ist als die der Wasseroberfläche. Klassische Fahrtenyachten mit einem tiefen Gewichtsschwerpunkt erfahren also ein geringeres Krängungs- und Rollmoment.

Stabilitätsveränderung durch Krängung

Yachten mit einem breiten Heck haben das Problem, dass sie bei Krängung kopflastig werden, weil sie bei einer Neigung um ihre Längsachse am Heck mit mehr Volumen eintauchen als am Vorschiff, so dass sich der Formschwerpunkt nach hinten verschiebt, während der Gewichtsschwerpunkt seine Lage beibehält. Folglich versucht die Yacht wieder in eine stabile Lage zu kommen, indem sie achtern aus- und vorne eintaucht. Dieses Problem wird noch durch den geraden Steven verstärkt, der unter dem Aspekt „Länge läuft“ entstanden ist, konstruktiv jedoch einen Ausfall der Spanten unmöglich macht; infolgedessen fehlt der Yacht ein Reserveauftrieb im Vorschiff, der der Vertrimmung entgegenwirken könnte.

Diesem Problem versucht man mittlerweile durch eine technische Zusatzausstattung, dem **Dynamic Stability System**, zu begegnen. Hierbei handelt es sich um ein hydraulisch ausfahrbares Schwert, welches auf Vor-Wind-Kursen zusätzlichen Auftrieb am Vorschiff erzeugt.



(Quelle: Berichte im Internet zu Will Oats und DSS Mini Transat)

Fehlende Stabilität und ihre Auswirkung auf die Crew

In der Fachliteratur werden nicht nur die Auswirkungen der enormen Beschleunigungskräfte beim Rollen, Stampfen und Gieren auf die Yacht beleuchtet, sondern auch ihre möglichen Auswirkungen auf das Wohlbefinden und die Einsatzfähigkeit der Crew. Entscheidend ist dabei, wie gross die Schwingung ist (gemessen am Roll-, Stapf- und Gierwinkel) und mit welcher Periode (je kürzer die Periode, desto grösser die Beschleunigung) diese auftreten. Bereits bei Winkeln über 10° nimmt die Leistungsfähigkeit der Crew rapide ab; darüberhinausgehende Winkel führen bis hin zu deren völligen Handlungsunfähigkeit.

Die Periode steht in einer Beziehung zur Länge des Schiffes, je kürzer das Boot, desto kürzer auch die Periode, wobei Leichtdeplacementyachten wegen ihrer geringeren Dämpfung (Massenträgheit), wie oben erläutert, besonders kurze Perioden aufweisen und extreme Beschleunigungen erfahren.

Vergleich zweier Fahrtenyachten mit unterschiedlichem Stabilitätskonzept:

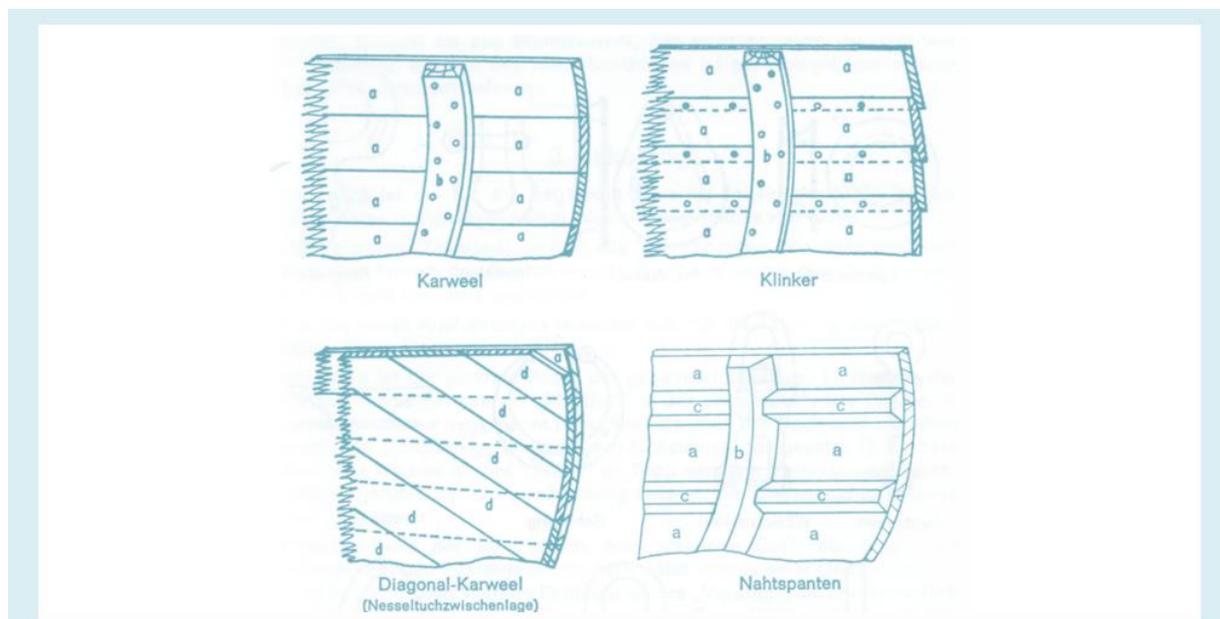
Werft	Beneteau	Hallberg-Rassy
Modell	Oceanis 48	48 MK II
Konstrukteur	Berret-Racoupeau	German Frers
LWL / LüA	14.30 / 14.60	13.25 / 14.99
Breite	4.74	4.50
Verdrängung	13.3 t.	18.5 t.
Tiefgang	2.15	2.35
Dieseltank	400 l	800 l
Wassertank	690 l	910 l
Segelfläche (Gross und Ge- nua)	112 qm	138.9 qm
Foto		

Material und Verarbeitung

Baumaterialien

Holz im Bootsbau

Klassische Holzbauten entstehen durch ein Spantengerüst, welches aussen mit Holzplanken bestückt wird. Während die Planken früher mit den Spanten verschraubt wurden, werden die Planken heute mit Kleber angebracht, um die Bohrlöcher zu vermeiden, die oft der Anfang für die Verrottung des verwendeten Holzes sind, da dort Wasser eintritt. Die Beplankung „arbeitet“, das heisst das Holz dehnt sich und zieht sich je nach Witterungseinfluss zusammen. Deswegen kann es nur mit einem flexiblen Lack behandelt werden und muss jeden Winter geschliffen und neu lackiert werden. Geplankte Rümpfe gibt es in verschiedenen Hauptbauweisen:



Im modernen Holzbootsbau mit modernen Rissen sind formverleimte Rümpfe üblicher als beplankte. Diese werden über Kopf über einem Mallengerüst laminiert. Mallen sind Hilfsspannen, um die Rumpfform zu bestimmen, die nach dem Bau aus dem fertigen Rumpf wieder entfernt werden. Meist werden auf den Mallen Leisten aufgebracht, auf die dann die ersten Lagen Holz furnier befestigt und mit Epoxidharz verleimt werden. Ein solcher Holzrumpf ist so fest, dass die Aussenoberfläche gut mit einem sehr harten, also auch langlebigen, Lack beschichtet werden kann.

Für den Kiel wird Hartholz genutzt. Harthölzer stammen von langsam wachsenden Laubbäumen. Sie besitzen eine härtere Maserung als Nadelholz. Für die Rumpfbeplankung wird oft Sipo oder Mahagoni verarbeitet. In früheren Zeiten waren die Planken aus Eiche, wobei die amerikanische Eiche eine wesentlich höhere Dichtigkeit hat als die europäische.

An Deck finden sich wiederum zumeist Teak oder Iroko. Dies sind ölige Hölzer mit natürlichem Schutz gegen Verrottung und Fäulnis. Zusätzlich enthalten sie Kieselerde, die ihnen eine harte Struktur verleiht.

Stahl im Bootsbau

Stahl ist eine hitzebehandelte Eisenlegierung mit geringem Kohlenstoffgehalt und wenigen anderen Elementen. Die grosse Härte des Stahls ist abhängig von der Stärke der Platten und andererseits ist das Schneiden und Schweißen nur bis zu einer gewissen Stärke zum Bauen von Aufbauten und Rumpfen praktikabel. Verbindungen wie Bolzen und Nieten benötigen meistens andere Legierungen für ihre Härte. So werden häufig Chromverbindungen beigegeben, um den Stahl rostfrei zu machen. Die häufigste Form der Korrosion bei Stahl ist Rost; der notwendige Korrosionsschutzanstrich bereitet oft Schwierigkeiten, da Stahl zwar nicht bricht, sich dafür aber leicht verformt.

Aluminium im Bootsbau

Als Werkstoff bietet Aluminium eine Reihe von Vorteilen. Das Material kann einfach geformt werden und lässt sich gut schweißen, ohne dass seine Festigkeit verloren geht. Die Konstruktion des Rumpfes erfolgt in der Regel klassisch mit einem Spantengerüst. Für einen Bootsbauer ist es deutlich weniger aufwendig, einen Rumpf aus Aluminium zu formen, als GFK als Baumaterial zu verwenden. Hauptvorteil ist aber die Sicherheit im Schiffsbetrieb, weil Alu bei Kollisionen, Grund- oder Stegberührungen nicht reisst, sondern sich nur verformt. Es entsteht also kein Leck und die Beule lässt sich recht einfach wieder ausbeulen. Ein weiterer Aspekt ist der geringe Wartungsaufwand. Dadurch, dass Aluminium sehr schnell oxidiert, bildet sich eine transparente Schutzschicht, die es vor Korrosion schützt. Zudem kann Aluminium im Gegensatz zu GFK zu 100% recycelt werden.

Nachteile von Alu sind die höheren Materialkosten beim Bau, der sehr hohe Energiebedarf bei seiner Erzeugung. Zudem darf Aluminium keinesfalls mit anderen Metallen wie Stahl oder Kupfer in Kontakt kommen. Dies würde die Oxidation fortschreiten lassen – bis hin zur Zerstörung des Aluminiums. Deswegen muss die Elektrik sehr sorgfältig verlegt werden und um Bimetall-Korrosion zu vermeiden, werden Kunststoffscheiben, Kunststoffhülsen oder galvanische Trennpasten zwischen Edelstahl und Alu aufgebracht; der Motor wird durch Gummilager komplett vom Rumpf isoliert.

Kunststoff im Bootsbau

In den 70er Jahren setzte der Boom des Kunststoff-Serienbootsbaus ein. Zunehmend kommen Faserverbundwerkstoffe zum Einsatz. Faserverbundwerkstoffe sind Lamine wie beispielsweise Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK), die aus Kunstharzen und Verstärkungsfasern gebildet werden. Das Harz ist dabei das umhüllende, verbindende Material; die Fasern verstärken das Harz. Je nach Art der Fasern und des Harzes können Lamine mit unterschiedlichen Gewichts- und Festigkeitseigenschaften hergestellt werden. Von eher einfach und dafür tendenziell schwer bis ausgesprochen fest und leicht geht alles.

Die Lamine von Serienyachten bewegen sich in der Mitte dieses Spektrums und bestehen meistens aus Polyester- oder Vinylesterharzen mit Glasfasern. Komplexere Lamine kommen für Rennyachten zum Einsatz. Hier geht es um eine deutliche Gewichtsersparnis und gleichzeitig um eine hohe Verwindungssteifigkeit des Rumpfes zur Aufnahme der enormen Riggkräfte. Diese Boote werden dann meist aus Epoxidharzen in Verbindung mit Spezialfasern, wie Kohlefasern oder Kevlar, gebaut.

Von Sandwichbauweise spricht man, wenn die Lamine aus drei Schichten gefertigt sind. Eine Schicht Faserverbundlaminat (Harze und Fasern), eine Kernschicht (meist Balsa-Hirnholz, fester Schaum oder eine Wabenkonstruktion) und eine weitere Schicht Faserverbundlaminat. Zum Einsatz kommen diese Sandwichlamine im Rumpfbereich, meist über der Wasserlinie, und im Deckbereich. Neben der Steifigkeit und der Gewichtsersparnis stellen sie eine zusätzliche Isolierung gegen Hitze oder Kälte dar. Im Bereich des

Unterwasserschiffs sind die meisten Rümpfe von Serienyachten in einem Massivlaminat ausgeführt, da es dort weniger auf die Gewichtsersparnis ankommt.

Gefertigt werden Boote aus Kunststoff

- im Handauflegeverfahren, bei dem manuell in der offenen Negativform gearbeitet wird. Zuerst wird ein Gelcoat in der Form aufgebracht, dann werden die Glasfasermatten eingelegt und manuell mit dem Harz getränkt. So wird Schicht für Schicht aufgebaut, bis die vorgesehene Laminatstärke erreicht ist. Die Qualität eines solchen Laminats hängt, neben der Materialqualität, ganz massgeblich von der Sorgfalt ab, mit der die Laminierer zu Werke gehen,
- im Spritzverfahren, bei dem aus einer Düse ein fertiges Gemisch aus Harz und Glasfasern in die Form gespritzt wird. Die klein gehackten Fasern haben eine geringere Festigkeit als die Glasfasermatten, deshalb erreicht man eine Steifheit des Materials nur über die Dicke des Laminats. Entsprechend eignet sich dieses Verfahren für die Herstellung von preiswerten Yachten, bei denen es nicht auf ein geringes Gewicht ankommt,
- im Bauverfahren mit einer geschlossenen Form. Die Glasfaserlagen werden trocken in die Form eingelegt und dann mit einem Vakuumsack verschlossen. Durch dieses Vakuum wird dann das Harz in das Laminat hineingezogen. Solche Verfahren haben den grossen Vorteil, dass deutlich weniger Emissionen in die Werkstatt und die Umwelt gelangen. Ein Vakuumverfahren komprimiert zudem das Laminat, wodurch der Harzanteil gesenkt und entsprechend der Faseranteil erhöht wird; dies erhöht die Bauqualität.

Das massenhafte Auftreten von Osmose, wie es in den 80er und 90er Jahren besonders bei den Polyester-yachten beobachtet werden konnte, kommt heute wegen des Einsatzes spezieller Gelcoats nicht mehr vor. Alle Serienyachten aus Kunststoff sind heute mit einer Oberfläche aus Gelcoat versehen. Das ist ein andgedicktes, gelartiges Kunstharz hoher Viskosität, welches die Oberfläche eines Laminats glatter, härter und auch dichter gegen das Eindringen von Feuchtigkeit macht. Solch eine Oberfläche ist ausserdem leicht zu pflegen und zu reparieren. Einmal im Jahr gründlich reinigen und polieren reicht in den meisten Fällen aus; auch kleinere Kratzer verschwinden manchmal schon durch blosses Polieren.

Viele Rennyachten tragen dagegen keine oder eine sehr dünne Gelcoat-Schicht; sie sind dafür lackiert. Ein Lack ist leichter als eine dicke Gelcoat-Schicht und ein hochwertiger Lack ergibt ausserdem eine edlere Oberfläche. Allerdings lassen sich Kratzer nicht so unkompliziert herauspolieren, wie es beim Gelcoat der Fall ist. Das Unterwasserschiff muss ungeachtet des Gelcoats mit Primer und einer Unterwasserfarbe gestrichen werden, die ebenfalls gegen Osmose wirkt.

Segelkunde

Segeltypen

Man unterscheidet grob zwischen Schrat- und Rahsegeln.

Unter **Schratsegel** fallen alle Segel, welche in Ruhestellung in Richtung der Schiffsängsachse gesetzt werden. Auf Yachten werden am Wind nur Schratsegel eingesetzt, da sie höhere Am-Wind-Kurse erlauben als Rahsegel und auch einfacher zu bedienen sind. Heutige Schratsegel sind meist dreieckige Hochsegel (Bermudasegel), haben sich aber aus den viereckigen Gaffelsegeln entwickelt. [Neben den Hochsegeln zählen auch die Stagesegel mit zur Gruppe der Schratsegel. Das Vorliek von Stagesegeln wird nicht an einem Mast, sondern über Stagreiter befestigt oder mittels eines eingenähten Liektaus in die Nut eines Profilstags](#)

eingeführt. Zu den Stagesegeln zählen auf Yachten die Fock und die Genua. Unter **Rahsegel** fallen alle zumeist rechteckigen oder trapezförmigen Segel, die an einem, Rah genannten, Rundholz geführt werden. Gegenüber den Schratsegeln haben Rahsegel ausgesprochen schlechte Am-Wind-Eigenschaften. Ihre Stärke liegt auf Vor-Wind-Kursen und beim Halsen, da dazu bei rahgetakelten Fahrzeugen kein Segel und kein Baum über die Längsachse des Schiffes bewegt werden muss.

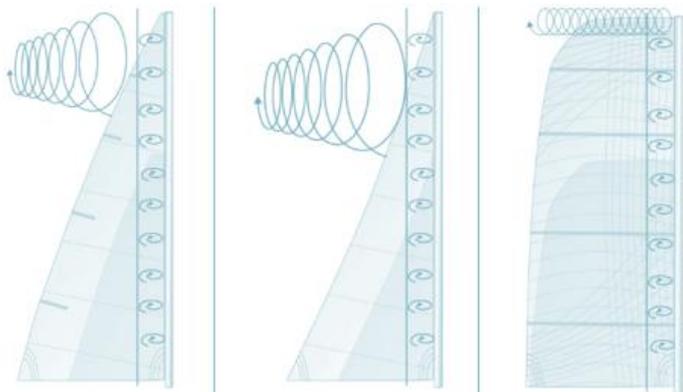
Eine andere Art der Unterscheidung von Segeln ist deren Unterteilung in **Hauptsegel und Beisegel**. Zu den ersteren gehören die normalerweise gesetzten Segel, also beispielsweise das Gross und die Fock. Zu den letzteren gehören spezielle Leichtwindsegel (z.B. der Spinacker) oder **Sturmsegel (z.B. das Trysegel)**, die anstelle oder zusätzlich zu den Hauptsegeln gefahren werden. **Das Trysegel ist in der Regel orange wegen der besseren Sichtbarkeit und wird mit seinem Schothorn am Grossbaum angeschlagen.**

Segel werden aus Tuchstreifen, den sogenannten Segelbahnen, gefertigt. Je nach Form dieser Segelbahnen unterscheidet man unterschiedliche Segelschnitte. Segel sollten unter hoher Belastung möglichst formstabil sein, also nicht recken. Tri-Radial-Segel tragen diesem Aspekt Rechnung. Die Zusammenhänge zwischen dem Segelmaterial und dem Segelschnitt werden im Weiteren noch näher beschrieben.

Herkömmliche dreieckige Segel tragen auch den Namen „**Pinheads**“. Inzwischen trifft man immer mehr Grossegel an, welche ein weit ausgestelltes Achterliek haben, deren Kopf also nicht mehr eine Ecke, sondern eine Kante bildet.

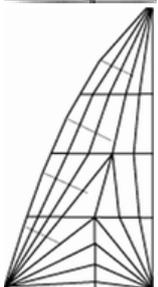
Man bezeichnet so geschnittene Segel als „**Squareheads**“; sie weisen eine bessere laminare Strömung auf,

da sie der durch das Mastprofil verursachten Luftverwirbelung auch im Masttopp entgegenwirken (= mehr Vortrieb); allerdings entfällt bei diesem Segelschnitt der Achterstagtrimm.



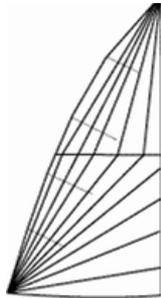
Horizontalschnitt (cross cut)

Die Segelbahnen verlaufen horizontal vom Vorliek zum Achterliek.



Tri-Radial Schnitt

Dieser Schnitt eignet sich besonders für schlanke, hoch geschnittene Segel. Der Vorteil des Tri-Radial Schnittes liegt in der hohen Formbeständigkeit und geringeren Dehnung.



Bi-Radial Schnitt

Die Bahnen verlaufen entlang der Lastlinien des Segels. Sehr gut geeignet für Rollreffgenaua und Grosseegel mit längerem Unterliek.



Full-Radial Schnitt

Für Yachten mit Grosseegel-Rollanlagen ohne Latten.



Vertikal Schnitt

Standard Schnitt für lattenlose Grosseegel mit Vorliek-Rollsystem.

Es gibt unterschiedlichste Anforderungen an Segeltuch. In erster Linie muss es reissfest sein. Seine Reissfestigkeit muss es vor allem bei Belastung durch Böen unter Beweis gestellt. Sodann muss Segeltuch wasserabweisend sein. Nehmen die Fasern des Segels viel Wasser auf verlagert sich durch das Gewicht der Segel der Schwerpunkt des Schiffes nach oben und seine Stabilität nimmt ab. Segel wurden früher aus schweren Stoffen, zum Beispiel aus Hanf, Leinen oder Baumwolle gefertigt und hatten genau diesen Nachteil. Die Aufnahme an Feuchtigkeit bereitet auch Probleme beim Lagern der Segel (Fäulnis). Segel aus solchem pflanzlichen Gewebe spielen heute nur noch auf Traditionsseglern eine Rolle; im modernen Yachtsport kommen stattdessen Polyestersegel aus gewebten Kunstfasern oder laminierte Kunststofffolien zum Einsatz.

Polyestersegel

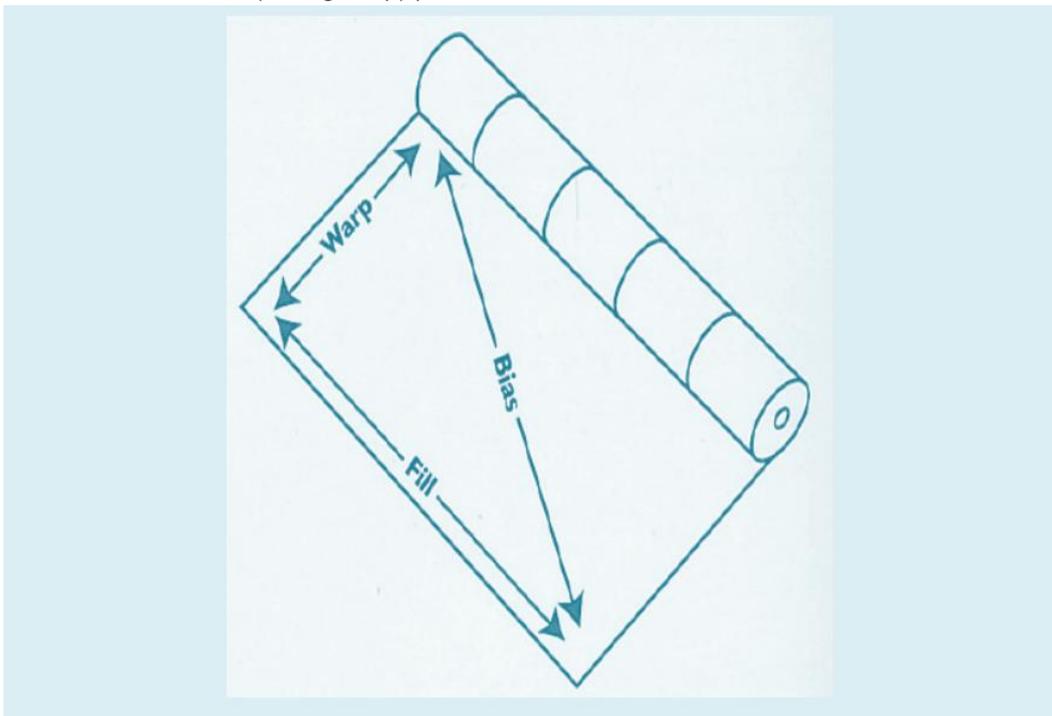
Im Bereich der Fahrtenyachten finden deshalb heutzutage vor allem Polyestersegel (auch bekannt als Dacrontücher, dem Handelsnamen des Rohfadenlieferanten Dupont) Verwendung. Es handelt sich um ein gewebtes Tuch, welches eine zusätzliche Wärme- und Druckbehandlung zwischen zwei beheizten Walzen erfährt (man nennt dies kalandern) und danach mit Harz veredelt wird. Die Oberflächenbehandlung mit Harz bestimmt dann auch den Härtegrad des Tuches. Polyestersegel sind reissfest, UV-beständig und zeichnen sich zudem durch ihre Formstabilität und Dehnbarkeit (Reck) aus, verlieren jedoch im Laufe der Nutzung an Profil.

Meistens sind die Segel bei der Erstausrüstung eines Neubootes wegen der Kosten nicht aus hochwertigem Tuch hergestellt; die fehlende Garnqualität und eine geringe Webdichte (Anzahl Garne je Zentimeter

Tuchbreite) werden durch eine geschickte Oberflächenbehandlung kaschiert. Spätestens beim Nachkauf beeinflusst der Eigner dann selbst das Material und den Segelschnitt. Dazu sollte er sich mit seinem Segelmacher abstimmen. Für die richtige Konfiguration eines Segels sind Faktoren wie das Fahrtenrevier (Starkwind? Salzwasser? UV-Belastung?), die jährliche Nutzungsdauer, der Leistungsanspruch (Cruising oder Racing?) und die Trimmerfahrung der Crew ausschlaggebend.

Gewebte Segel werden in der so genannten Leinwandverbindung hergestellt. Dies bedeutet, dass sich Kett- und Schussfäden gleichmässig abwechselnd überkreuzen. In Kettrichtung dehnt sich ein Tuch jedoch unter Zug etwas stärker, weil die Kettfäden nicht gerade liegen, sondern abwechselnd über und unter den Schussfäden entlanglaufen. Zug in Richtung der Schussfäden führt hingegen kaum zu einer Verformung. Der Segelmacher kann diesen „Reck-Effekt“ verstärken oder mindern, indem

- er die **Stärke der Kett- und Schussfäden** variiert. Die Segelform mit ihren Lieklängen ergibt ein bestimmtes Streckungsverhältnis. Stehen sich Vorliek und Unterliek im Verhältnis oberhalb von 3:1 gegenüber (wie beispielsweise bei einer Selbstwende-Fock) spricht man vom High-Aspect. Ein solches Segel verleiht man mit einem schussorientierten Tuch (strong fill) mehr Festigkeit zum Achterliek. Beträgt das Längenverhältnis zwischen Vor- und Unterliek höchstens 2,5:1 (wie im Beispiel einer Leichtwind-Genua) spricht man vom Low-Aspect. Ein solches Segel wird besser aus kettorientiertem Tuch (strong warp) produziert.



- er die **Webdichte** erhöht. Grundsätzlich erhöht man mit zunehmender Webdichte die Formstabilität eines Segels, aber auch sein Gewicht. Die folgende Tabelle gibt eine erste Orientierung für ein angemessenes Flächengewicht:

Bootslänge	Grosssegel	Genua	
20-25 Fuss	250 g/m ²	200 g/m ²	250 g/m ²
25-30 Fuss	280 g/m ²	250 g/m ²	280 g/m ²
30-35 Fuss	300 g/m ²	280 g/m ²	320 g/m ²
35-40 Fuss	350 g/m ²	300 g/m ²	350 g/m ²

40-45 Fuss

400 g/m²

350 g/m²

400 g/m²

- er die **Segelbahnen** anders verlegt. Der kostengünstiger zu fertigende Horizontal-schnitt (Cross-cut) hat den Nachteil, dass die Schot in einem Winkel von circa 45° an den Kettfäden zieht und das Tuch so auf Dauer „ausgesegelt“ wird. Dieser Effekt tritt vor allem bei Rollfocks auf, die bei viel Wind gerefft gefahren werden. Vermeiden lässt sich dies durch einen anderen Segelzuschnitt. Beim Tri-Radial-Schnitt ziehen die Kräfte am Kettfaden. Dadurch behält das Segel auch eingerollt seine Form. Ausserdem kann man einem Segel mit Tri-Radial-Schnitt auch besser die gewünschte Wölbung geben.

Laminatsegel

Als Laminatsegel werden auch eine Sandwich-Bauweise verstanden, bei denen sich zwischen zwei dünnen Schichten Polyestergewebe ein Kern aus **Mylar** befindet. Die gewebten Fäden nehmen die Lasten in den vorwiegenden Belastungsrichtungen auf, während die Mylar-Folie im Kern die Verformung ausserhalb des Fadenverlaufs verhindert.

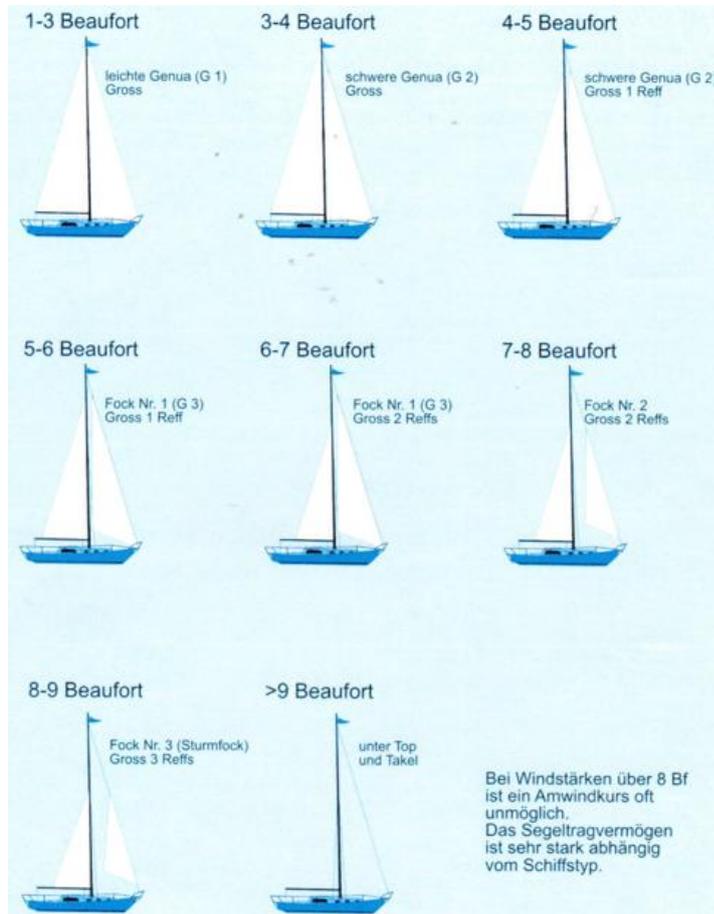
Im Bereich der Regattayachten und bei ambitionierten Fahrtenseglern über 40 Fuss kommen eher Laminatsegel ohne Polyesteranteil zum Einsatz, die ausschliesslich aus unterschiedlichen Kunststofflagen zusammengeschnitten werden. Solche **Spectra-/Dyneema-Laminat** haben ein circa 25% geringeres Gewicht gegenüber Polyestersegeln und eine wesentlich geringere Elastizität (Verformung), das heisst sie können grössere Kräfte besser aufnehmen und werden ausschliesslich im Radialcut verarbeitet.

Durch **KEVLAR** wurde es möglich ein noch leichteres Segel mit optimaler Profiltreue zu fertigen. Kevlar eignet sich für alle Am-Wind-Segel. Nachteilig wirkt sich die hohe Anfälligkeit Kevlars gegenüber UV-Strahlung aus. Eine Alternative sind Segel aus **CARBON**; Carbon-Kettgarne werden so ins Laminat eingefügt werden, dass ein Hochleistungssegeltuch mit gegenüber Kevlar noch einmal deutlich niedrigerem Dehnungsverhalten bei minimalem Gewicht entsteht. Zudem ist Carbon gegen UV-Strahlung nahezu immun, reagiert jedoch auf Knicke empfindlicher als Kevlar. Auch die Verarbeitung von Carbon erfolgt ausschliesslich im Radialcut. Die momentan am höchsten entwickelten Segeltücher für Yachten sind **LOAD PATH Segelmembranen**. Es handelt sich um Segel aus massgefertigten Sektionen. Die dynamischen Lasten im Segel werden vorausgerechnet, danach wird die Fasermenge und -orientierung bestimmt. Eine Verformung des Profils existiert nicht mehr.

Grösse von Segeln

Die maximale Segeltragelast ist ein Konstruktionsmerkmal eines Schiffes und wird durch dessen Stabilitätseigenschaften limitiert. Die Verteilung der Segelfläche folgt im Wesentlichen den Performanceüberlegungen und wird beispielsweise durch die Mastanordnung bestimmt.

Ist von 100% Segelfläche die Rede, so bezieht sich dies auf das Vorsegel und entspricht dem Dreieck zwischen Mast, Vorstag und Deck. Eine grosse Genua (auch Genua 1 genannt) hat circa 150% Segelfläche, eine kleine Genua (Genua 3) circa 110%, eine Fock nur rund 90%. Hat das Schiff nur ein Vorstag, sollte das Vorsegel maximal 120% gross sein, also den Mast nach achtern um maximal 20% überlappen. Ein kleines Vorsegel muss deutlich später als eine Genua 1 gerefft werden, behält also länger sein vorteilhaftes Profil, was gerade auf Am-Wind-Kursen bedeutsam ist; für Schwachwind-Phasen gibt es dann beispielsweise noch den Gennacker.



Die Zunahme des Winddrucks steigt im Verhältnis zur Zunahme der Windgeschwindigkeit (gemäss Beaufort-skala) exponentiell an. Die Segelfläche muss bei immer stärker werdendem Wind also immer schneller angepasst werden.

Unabhängig von der gemessenen Windgeschwindigkeit muss immer dann gerefft werden, wenn die Krängung einen Grad erreicht, bei der die Ruderwirkung verloren geht und das Boot aufgrund seiner Luvgerigkeit nur noch diskontinuierlich auf Kurs gehalten werden kann.

Pflege von Segeln

Während des Segelns sollten die Segel nicht unnötig flattern oder schlagen. Zudem sollten wir unsere Segel so gut wie möglich gegen Abrieb (Schamfilen), Materialermüdung, UV-Strahlen, Überlastung, zu viel Hitze, und Chemikalien schützen. Eine regelmässige Sichtkontrolle bringt eventuellen Abrieb zu Tage. Typische Abriebstellen sind die Salingsnocken, am Mast befestigte Laternen etc., aufgedröselte Drahtfallen, Relingsstützen und Decksbeschläge. An diesen Stellen empfiehlt es sich eine Tuchdopplung aufzukleben. Der grösste Teil der UV-Schäden wird in der Regel verursacht, wenn Segel aufgerollt oder gerefft sind. Sie müssen von direkter Sonneneinstrahlung mit Persenningen geschützt werden. Auch ein guter Segeltrimm, wie der richtige Holepunkt des Vorsegels und die korrekt durchgesetzten Liekleinen (am Wind ganz stramm, vorm Wind ganz los), verlängert die Lebensdauer eines Segels. Falls das Fall des Rollreffsegels während des Segelns stramm durchgesetzt wurde, muss dieses am Liegeplatz wieder gelöst werden. Bei Roll-Grosssegeln ist darauf zu achten, dass die Innenseite des Mastes glatt ist. Bei Segeln, die abgenommen und weggeräumt werden sind beim Falten oder Rollen Knicke zu vermeiden.

Säuberung der Segel

Bei Säubern der Segel muss man etwas vorsichtig sein. Kevlar ist zum Beispiel ausgesprochen empfindlich gegenüber Chlor. Man darf es nie mit einem Reiniger waschen, der Chlor enthält, sonst verliert es bis zu 90% seiner Festigkeit. Azeton wiederum wird laminierten Segeln gefährlich, weil es den Kleber auflöst. Dasselbe gilt für das Eintauchen von Segeln in Chemikalien auf Petroleumbasis (Benzin, Diesel) und die Berührung mit Öl.

Zu Abwaschen verwendet man am besten eine milde Seifenlösung (z.B. Geschirrspülmittel) und eine weiche Bürste. Man kann das Segel vorher in der Seifenlösung einweichen. Die Wassertemperatur sollte nicht zu heiss sein. Zum Schluss muss das Segel mit viel Frischwasser gut abspülen und vor dem Lagern oder vor dem Aufrollen lüften und komplett trocknen. Ansonsten bildet sich Schimmelpilz. Feuchte Segel dürfen deshalb nie länger als wenige Tage eingerollt oder eingepackt liegen; Salzwasser erhöht diese Gefahr von Schimmelbildung. Für die Entfernung von Schimmelpilz kann man eine verdünnte Bleiche einsetzen und das Segel darin einweichen.

Tauwerk und Ankerketten

Leinen an Bord

In der maritimen Welt ist das Tauwerk der Oberbegriff für alle Leinen (landläufig: Seile). Die Einsatzfelder von Leinen sind an Bord mannigfaltig. Wir setzen sie beim Festmachen des Bootes, beim Ankern, beim Schleppen, als laufendes Gut etc. ein. Dabei ist das Tauwerk oft extremen Belastungen ausgesetzt, man denke nur an die ständige UV-Einstrahlung, an Salzwasser, Laugen, Öle und andere Stoffe, mit denen die Leinen in Berührung kommen und die extremen Zuglasten, die zum Teil über lange Zeit auf die Leinen einwirken.

Wir verlangen von unserem Tauwerk also, dass es UV-resistent, säurebeständig und vor allem, dass es reiss-, abrieb- und scheuerfest ist, nicht spröde wird, nicht schrumpft und nicht verhärtet. Zudem sollen es in trockenem Zustand und im Wasser dieselbe Festigkeit aufweisen und letztlich auch noch, je nach Einsatzzweck, gut rutschen oder sehr griffig und bei alledem noch leicht zu verarbeiten, sprich gut zu spleissen, sein.

Früher wurde Schiffstauwerk aus Hanf hergestellt, es war im Vergleich zu anderen Naturfasern (wie Manila oder Sisal) bruchfest, geschmeidig und elastisch. Wegen seiner hohen Feuchtigkeitsaufnahme neigt Hanf aber zur schnellen Verrottung und ist zudem nicht besonders scheuerfest. Auf der Suche nach anderen Materialien ersetzte man die Naturfasern dann durch synthetische Kunststofffasern aus

Polyester

Am meisten benutztes Material, eignet sich für Festmacher (wenn dreischäftig geschlagen), Fallen und Schoten (wenn geflochten), widerstandsfähig gegen Seewasser und UV, geringe Dehnung, befriedigende Bruchfestigkeit, geht unter

Polypropylen

Sehr leicht, schwimmfähig, eignet sich für Rettungs- und Schleppleinen, verträgt keine Reibung und ist sehr glatt

Polyamid

Sehr elastisch, eignet sich für Ankerrossen und Festmacherleinen (wenn dreischäftig geschlagen oder quadratgeflochten), geht langsam unter

Noch bessere Ergebnisse hinsichtlich der Bruchlast und der geringen Dehnung erreicht man mit High-tech-Fasern wie

Polyethylen (auf dem Markt unter den Namen Dyneema und Spectra)

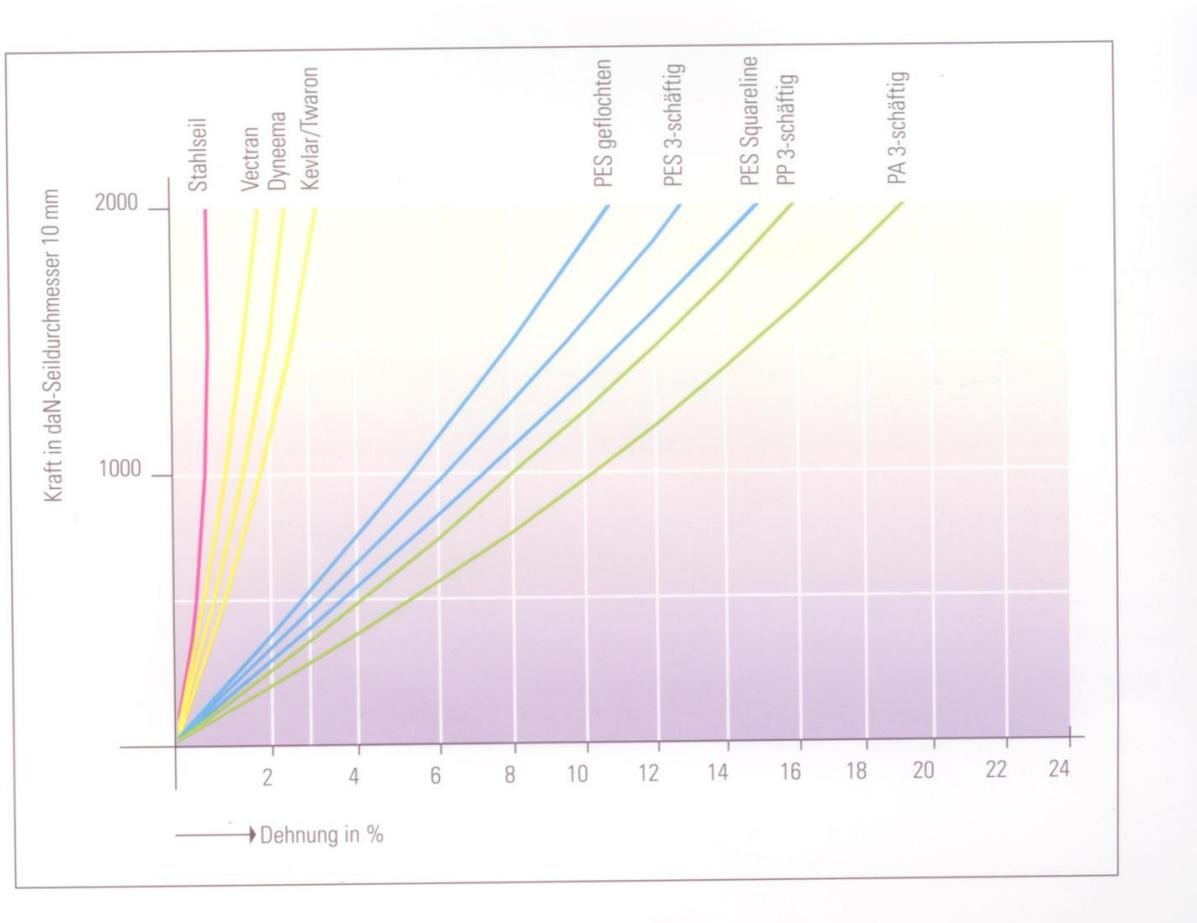
Geringes spezifisches Gewicht (1/10tel von Stahldraht), schwimmfähig, sehr geringe Dehnung (wie Stahldraht), hohe Bruchlast (25% höher als Stahldraht), resistent gegen Nässe und UV-Strahlung, abriebfest (im Winschenbetrieb wichtig!), jedoch ungeeignet für Knoten

Aramid (auf dem Markt unter den Namen Kevlar und Twaron)

Widerstandsfähig, jedoch nicht gegen UV-Strahlung, reckfrei, geeignet für Fallen und Achterstage auf Regattayachten, verträgt jedoch keine Biegungen und Knicke, geht unter

LCP – Liquid Chrystal Polymer (auf dem Markt unter dem Namen Vectran)

Verhält sich wie Aramid



Für die Freunde klassischer Yachten sei erwähnt, dass einige der Hightech-Fasern aus ästhetischen Gründen für ihren Einsatz auf Traditionsschiffen auch im Hanf-Farbtönen angeboten werden.

Die Eigenschaften einer Leine hängen aber nicht nur vom verwendeten Material ab, sondern auch von der Art der Verarbeitung. Während Naturfasern klassisch zu geschlagenen (=gedrehten) Leinen verarbeitet wurden, lassen sich die Kunststofffasern sowohl für gedrehte als auch für geflochtene Leinen verwenden.

Geschlagenes Tauwerk hat einen typischen Aufbau:

Faser (Grundelement) – Faden – Garn – Litze – Kardeel – Seil - Trosse

Je nach Machart unterscheidet man noch zwischen einem Trossenschlag aus drei oder vier Litzen und einem Kabelschlag aus drei Kardeelen mit jeweils drei Litzen.

Das Zusammendrehen geschieht jeweils unter Spannung. Bereits als Garn (< 5 mm Durchmesser) besitzt Tauwerk eine Funktion, solche dünnen Bündel werden zum Nähen (Segel) oder für Taklinge (sogenanntes

Takelgarn) oder für sonstige Befestigungen als Bündsel eingesetzt. Die schweren Trossen finden hingegen in der Regel nur in der Berufsschiffahrt oder auf Megayachten und Traditionssegeln Einsatz, beispielsweise als Ankerrosse. Das geschlagene Tauwerk ist der Ursprung der Seilfertigung; vor allem die gedrehten Seile eignen sich besonders für Spleissarbeiten.

Beim geflochtenen Tauwerk unterscheidet man zwischen unterschiedlichen Ausführungen:

- **Einfachgeflecht**
Seil ohne Mantel bestehend aus 12 Litzen
- **Quadratgeflecht (Squareline)**
Acht Kardeele werden miteinander verflochten. Von diesen sind jeweils die Hälfte links- bzw. rechtsherum gedreht, so dass sich ein etwa quadratischer Tauwerksquerschnitt ergibt. Diese grobe Flechtart hat den Vorteil, dass das entstandene Seil sehr dehnbar und griffig ist.
- **Rund-Hohlgeflecht**
Diese Leine ist kernlos, sie besteht nur aus einem rundgeflochtenen Mantel aus lasttragenden Fasern und ist dadurch sehr leicht und auch leicht zu spleissen.
- **Doppelgeflecht (Kern-Mantel-Geflecht)**
Der lasttragende Teil der Leine wird von einem Mantel umgeben, der den Kern vor Abrieb und Witterungseinflüssen schützt.
- **Paraloc-Geflecht**
Eine solche Leine besteht – wie das Doppelgeflecht - aus einem Kern und einem Mantel, diese sind aber zusätzlich über Querfasern wechselseitig miteinander verbunden, was ein Rutschen des Mantels und dadurch in Hebelklemmen den „Schlupf“ verhindert; zum Spleissen wird hierfür allerdings Spezialwerkzeug benötigt. Als Fasermaterial kommen Polyester und Polyethylen in Frage.

Bei der Verarbeitung können verschiedene Rohstoffe miteinander kombiniert werden, um die Eigenschaften des Tauwerks für seinen Einsatzzweck zu optimieren.

Segelyachten werden in der Regel herstellerseitig mit einem kompletten Rigg ausgestattet; das zum **laufenden Gut** gehörende Tauwerk ist für spätere Nachbeschaffungen im Riggplan mit seiner Länge und seinem Durchmesser beschrieben. Die für Fallen, Schoten und Reffleinen eingesetzten Materialien müssen reckarm sein (maximale Dehnung im Bereich von 0,8 – 1,5%). Um ein problemloses Gleiten durch Rollen, Blöcke und Klemmen zu gewährleisten müssen sie zudem kinkfrei sein und sollten auf Winschen nur eine geringe Hitzeentwicklung haben. Weiterhin müssen diese Leinen über eine hohe Abrieb- und Klemmfestigkeit verfügen. Es handelt sich also in der Regel um Tauwerk mit einer Kern-Mantel-Verbindung und einer Spezialbeschichtung. Bei Regattayachten wird man auch auf ein geringes Eigengewicht der Leinen achten. Als Spi-Schoten kommen verjüngte Leinen zum Einsatz.

Die Stärke der Schoten hängt von der Grösse der Segelfläche ab, es gelten dabei folgende Empfehlungen:

Segelfläche (in qm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Durchmesser (in mm)	4-6	5-8	6-10	8-12	8-14	9-14	10-16	12-16	12-18	14-18

Bei Cruisern wird tendenziell eher ein grösserer Durchmesser eingesetzt als bei Racern und für Achterholer sollte man auch immer einen Durchmesser stärker wählen. Zudem muss man auf die korrespondierende Grösse der Stopper achten, um eine Beschädigung des Tauwerkes zu vermeiden.

Möchten wir Leinen des Riggs ersetzen, können wir uns bei der Beschaffung an der Herstellerbeschreibung orientieren, dort sind der Durchmesser, die Länge, die Bruchlast etc. angegeben. Zudem macht es Sinn das Handling der Fallen und Schoten durch das Einziehen von farblich unterschiedlichen Leinen zu vereinfachen. Um eine Leine auszutauschen, sollte man beim Ausziehen der alten Leine gleich eine Pilotleine (dünnes Tau als Hilfsleine) mit einziehen. Mit deren Hilfe kann man dann wiederum die neue Leine einziehen.

Als **Festmacher** sollte man als Minimalausstattung 2 Vorleinen, 2 Achterleinen, 2 Heckleinen und 2 Springleinen mitführen. Geeignet sind geschmeidige, flexible Leinen mit hoher Bruchlast und guten Dehnungseigenschaften. Festmacher sollen sich dehnen und damit zur Reduzierung der Rucklast bei dynamischer Belastung beitragen. Vom Hersteller konfektionierte Leinen kann man mit einem integrierten Dehnungsbereich bestellen, der als solcher Schockabsorber wirkt, ansonsten kann man alternativ auch Ruckfender einsetzen, in die der Festmacher eingefädelt wird (die Leine muss dann aber etwas länger sein).

Der Durchmesser von Festmachern ergibt sich durch die Schiffstonnage:

Schiffslänge (in m)	6-8	10	12	14	16-18	20-22	24-26	28-32	34-36	38-40
Verdrängung (in t)	< 1	2	5	12	20	25	30	40	70	>80
Durchmesser (in mm)	10-12	12	14	16-18	18-20	20-22	22-24	24	24-26	28-30

Die Länge der Festmacher muss auf die Bootsgrösse abgestimmt sein, dabei ist daran zu denken, dass die Vor- und Achterleine ausreichend lang sein müssen (mindestens 1,5-fache Schiffslänge), um auch als Aussenlieger beim Liegen „im Päckchen“ noch ein Belegen an Land zu ermöglichen.

Auch sollte eine Leine davon geeignet sein, um als **Bullenstander (preventer)** (siehe Kapitel 9 «Gefährdung durch den Grossbaum») eingesetzt werden zu können. Der Durchmesser der Leinen korreliert mit der Bruchlast und richtet sich nach dem Gewicht der Yacht. Für den heimischen Liegeplatz kann man die Festmacher genau passend machen. Entweder bestellt man diese bereits fertig konfektioniert oder fertigt sich diese selbst an. Es bietet sich an dem Ende zur landseitigen Befestigung eine Kausch (aus Nirosta, INOX oder Kunststoff) mit einzuarbeiten, am bootsseitigen Ende kann man eine Schlaufe mit einer passenden Weite zum Belegen auf einer Klampe vorsehen. Aus Erfahrung sollte man für Festmacher keine helle Farbe wählen, weil solche Leinen schnell verschmutzen. Die Festmacher am heimischen Liegeplatz bleiben in der Regel beim Auslaufen an Land zurück (möglichst nicht im Wasser hängend!), daraus folgt, dass man diese nicht mit zur Minimalausstattung für den Törn zählen kann.

Auf grossen Yachten erreichen die Festmacher ein Gewicht, welches ihr Handling erschwert. Solche Leinen lassen sich nicht mehr zuwerfen und so werden sie mit einer Pilotleine (dünne Vorleine) verbunden. Diese Pilotleine wird beim Anlegemännöver mittels eines Wurfgeschosses an Land katapultiert und dort von

hilfreichen Deckhands auf der Pier aufgegriffen. Diese ziehen so lange an der Pilotleine, bis sie den Festmacher in Händen haben, an dessen Ende sich ein Auge befindet. Dieses Auge wird über den Poller gelegt. Danach kann die Leine über eine Winsch an Bord dichtgeholt werden.

Als **Ankerleine** wird üblicherweise ein gedrehtes Tau mit eingearbeiteter Kausche eingesetzt. Sie sollte aus einem griffigen Material sein. Die Länge hängt von den Ankerplätzen und der Kombination mit dem Kettenvorlauf ab (siehe auch Kapitel 10 «Winschenbetrieb»). Handelsüblich sind Ankerleinen mit Längen zwischen 20 und 40 Metern. Zusätzlich zum Kettenvorlauf kann die Ankerleine selbst durch eine eingeflochtene Bleieinlage beschwert sein. Dann ist sie allerdings nicht mehr als Schleppleine nutzbar und wir müssen eine zusätzliche **Schleppleine** mitführen, die dann auch aus schwimmfähigem Material sein kann. Haben wir einen Seeanker an Bord benötigen wir zusätzlich noch eine circa 100 Meter lange Zugleine und eine ebenso lange dünnere Rückholleine (siehe Kapitel 9 «Abwettern bei Sturm»).

Die an einem Rettungswurfgerät montierte **Wurfleine** soll weich, flexibel und schwimmfähig sein, am besten hat sie an einem Ende eine Schlaufe mit Kausche. Sie sollte eine Mindestlänge von 10 Metern haben; eine zu lange Leine bereitet jedoch Schwierigkeiten beim Zuwerfen. Damit die Wurfleine immer im schnellen Zugriff und in ordentlich aufgeschossenem Zustand ist, gibt es sie auch in einem Schutzbehälter, den man an die Heckreling befestigen kann.

Weitere Leinen an Bord benötigen wir beispielsweise zum Befestigen der Fender an der Reling, zum Hissen der Flaggen an der Saling, zum Binden des Reffs und zum seitlichen Wegbinden der Fallen an den Wanten am Liegeplatz, damit diese nicht gegen den Mast schlagen und die Hafenuhr gefährden. Die Liste der Anwendungen liesse sich noch fortsetzen. Es ist also wichtig sich mit ausreichend **Tampen** (kurzen Leinen), **Bändseln** (dünnen Leinen und Fäden) und **Zeisingen** (kurzes Tauwerk, manchmal auch aus Gurtband) auszustatten. Gewarnt werden muss vor dem Einsatz von Gummistropfs, weil diese leicht zu Augenverletzungen führen können. Viele schwören auch auf **Loops**, dies sind Schäkkel aus Tauwerk, die genauso stabil sind, wie ihre Vorbilder aus Stahl, dafür aber leichter und leiser.

Auch das **Relingsnetz** gehört im weiteren Sinne mit zu den Leinen. Haben wir kleine Kinder an Bord müssen wir diese durch das Anbringen des Netzes an der Reling davor schützen über Bord zu fallen. Ein Relingsnetz ist quadratisch geknüpft und hat eine Maschenweite von circa 50 mm. Solche Netze werden in verschiedenen Breiten auf Rollen angeboten.

Auf Motorbooten wird oft noch eine geschmeidige und schwimmfähige **Wasserskileine** mitgeführt, deren Länge ist normiert und beträgt 23 m.

Zur Ausstattung an Bord zählen sodann noch das oben schon erwähnte **Takelgarn**, welches wir zum Vernähen von Tauenden benötigen und bei Holzbauten noch die **Calfater-Schnur**, dies ist ein Baumwollzwirn zum Ausfügen und Abdichten.

Problematisch sind Leinen, die aneinander reiben und dabei schamfilen. Dies hat man beispielsweise oft beim Festmachen in der Box mit dem Heck zur Pier, wenn man die beiden Heckleinen korrekterweise über Kreuz belegt. Lässt sich eine Reibung nicht vermeiden, damit ist auch ein Scheuern der Leinen an der Deckkante angesprochen, muss man die Leinen zusätzlich durch einen **Kunststoffmantel** schützen. Dazu eignet sich für Festmacher und Ankerleinen nicht allzu grosser Dimension ein handelsüblicher

Wasserschlauch, den man auftrennt und über die gefährdeten Leinenstrecken stülpt. Legt man Festmacher doppelt halbiert man die Belastung und schon seine Leinen.

Ungenutzte Leinen gehören aufgeschossen und aufgehängt, so trocknen sie auch schnell.

In Salzwasserrevieren empfiehlt sich das regelmässige Abspülen der Leinen mit Süsswasser, damit die Salzkristalle auf Dauer nicht die Fasern zerstören. Schoten und Festmacher können in grösseren Intervallen auch mit einem Feinwaschmittel in der Waschmaschine gereinigt werden. Man sollte sie in einen Kopfkissenbezug stecken und diesen zuknoten, so schont man den Mantel vor Abreibung.

Spleisse und Taklinge

Um ein Ausfransen am Ende zu verhindern, werden Leinen aus Kunstfasern zunächst mit einem Klebeband getappt und dann mit einem Heisschneider geschnitten.



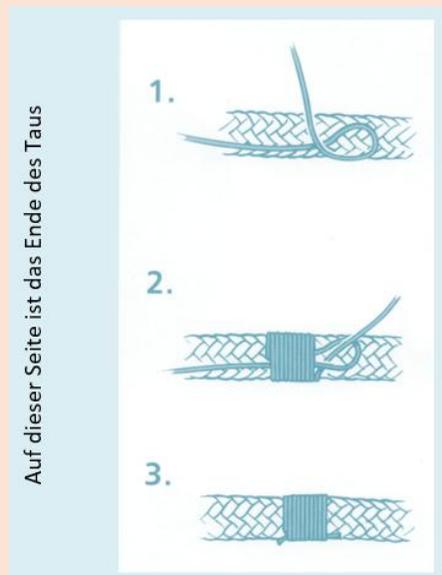
Die Schnittstelle ist durch den Schmelzprozess automatisch verschweisst, das heisst die Enden müssen nicht zusätzlich gegen unerwünschtes „Ausfransen“ gesichert werden. An Bord dient ein zum Glühen gebrachtes Messer (Achtung Brandgefahr!) zum Schneiden und Verschweissen.

Leinen aus Naturfasern kann man nicht verschweissen. Ihre Enden – egal ob es sich um gedrehte und geflochtene Leinen handelt, lassen sich auf verschiedene Art spleissen oder abbinden. Üblich sind genähte oder gespleisste Schlaufen, Knoten, Rückspleisse und das Abbinden mittels eines aufgesetzten Taklings. Für diese Arbeiten werden spezielle Spleisswerkzeuge (Spleissnadel, Spleissrohr) und Takelgarn angeboten; man kann diese Utensilien in der Regel beim Tauwerkhersteller mit beziehen.



Exkurs: Takling

Der Takling ist die Umwicklung eines Endes mit Garn, das mit Wachs oder Pech eingeschmiert ist. Man verwendet ein dickes Segelgarn, das auch Takelgarn heisst. Man beginnt mit dem Takling einige Zentimeter vor dem Ende (ca. ein Durchmesser des Seils) und legt eine Reihe von Törns (12 – 15) um das Seil. Die benötigte Garnlänge (in Zentimetern) ergibt sich als: Durchmesser des Tauwerks (in Millimetern) x 4 + 20.



Die Abbildung zeigt den einfachen Takling; auch Behelfstakling genannt. Beim vernähten Takling zieht man das Garn mit der Nadel unter einem Karweel hindurch zieht es über die Törns und wiederholt dies mehrfach.

Exkurs: Spleiss

Zum Spleissen löst man die Kardeele auf einer Länge vom 4-6fachen des Seildurchmessers, beta-kelt jedes Kardeel einzeln und steckt diese losen Kardeele so zwischen die Kardeele der stehenden Parts, dass ein festes Auge entsteht. Um die Kardeele auseinander zu drücken, bedient man sich eines Marlspiekers. Ein fertiger Spleiss verhindert wirkungsvoll das Aufdröseln des Seils. Man kann so aber auch ein Auge in den Tampen eines Seils einspleissen (Augspleiss) oder zwei Seile miteinander verbinden (Kurzsplit). Professionell ausgeführte Spleisse sind die effektivste Endverbindung von Seilen. Gegenüber Spleissen können Knoten die Seilfestigkeit über 50% mindern.

Ankerketten

Je nach Fahrtgebiet und Bootstyp wird man für den Buganker statt Ankerleinen oder Ankerleinen mit Kettenvorlauf eher komplette Ketten einsetzen. Die Auswahl der Kette ist neben der Auswahl des Ankers mit seiner Bauform und seinem Gewicht ein entscheidender Faktor für die Sicherheit.

Dabei geht es nicht nur um die Länge, welche im Wesentlichen vom Fahrtgebiet abhängt, sondern auch um das Material und die Qualität der Kettenverarbeitung. Zur Auswahl stehen preisgünstigere verzinkte Ketten und hochwertigere Edelstahlketten. Verzinkte Stahlketten nutzen sich schnell ab und setzen dann Rost an – damit verringert sich ihr Durchmesser.

Edelstahlketten rosten nicht und laufen wegen ihrer glatten Oberfläche auch besser in den Ankerkasten. Edelstahlketten können aber auch durch starke mechanische Beanspruchung oder durch Kontakt zu anderen Eisenteilen – wie etwa Schäkeln – leiden. Korrosion tritt in Revieren mit besonders salzhaltigem Wasser stärker auf. Es wird deshalb dazu geraten beim Kauf von Edelstahlketten auf die Qualitätsangaben zum verwendeten Werkstoff zu achten.

Für den Yachtgebrauch geeignet sind Ketten mit der Werkstoffbezeichnung 1.4404 (AISI 316L). Der hier verwendete Werkstoff hat einen niedrigen Kohlenstoffgehalt, was sich positiv auf seine Korrosionsbeständigkeit auswirkt; das „L“ in der Bezeichnung steht für „Low Carbon“. In warmen und salzhaltigen Gewässern sollten noch hochwertigere Ankerketten aus Duplex- (1.4462/AISI 318LN) oder Superduplex-Edelstahl (1.4507/AISI F255) eingesetzt werden. Zusätzlich sollte man sich nach der Güteklasse der Kette erkundigen; diese gibt deren Zugfestigkeit an und sollte einen Wert von „60+“ aufweisen.

Segelphysik und Bootstrimm

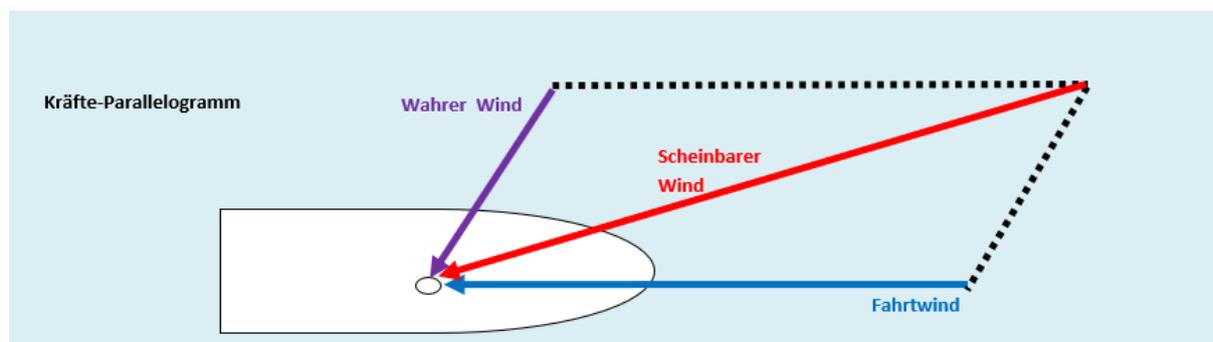
Unsere Überlegungen zur Stabilität einer Fahrtenyacht im vorhergehenden Kapitel haben gezeigt, dass ihre Rumpfform und ihr Gewichtsschwerpunkt entscheidende Kriterien sind. Dies sind jedoch konstruktive Elemente, die wir während eines Törns nur bedingt beeinflussen können. Anders als beim Segeln mit einer sportlichen Jolle, bei der der Gewichtstrimm eine entscheidende Rolle spielt, verlagert sich der Gewichtsschwerpunkt bei einer Yacht durch eine Gewichtverlagerung der Crew kaum. Natürlich können bei Wind und Seegang mehr Gewicht auf der Luvseite und weniger Gewicht an Bug und Heck der Stabilität nicht schaden und Regatta-orientierte Skipper werden ihre Crew auffordern sich ausserhalb der Manöver immer auf die Luvkante zu setzen und die Beine über den Freibord baumeln zu lassen.

Für uns Fahrtensegler wichtiger ist jedoch zu jedem Zeitpunkt eine optimale Einstellung der Segel zu finden. Bevor wir auf die, aus Sicht eines Fahrtenseglers, nutzbaren Möglichkeiten des Segeltrimms eingehen, müssen wir uns ein wenig mit dem Windeinfall und mit der Luftströmung befassen.

Wahrer und scheinbarer Wind

An einem unbewegten Ort, also beispielsweise vor Anker liegend oder am Liegeplatz im Hafen spüren wir den **wahren Wind** (true wind). Sobald unser Boot Fahrt aufnimmt, kommt aber noch eine weitere Komponente hinzu: Der Fahrtwind. Dieser weht genau entgegen der Fahrtrichtung und seine Stärke entspricht der Fahrtgeschwindigkeit. Beide Komponenten zusammen ergeben nun den **scheinbaren Wind** (apparent wind), den wir beim Segeln wahrnehmen. Im Parallelogramm kann man seine Richtung und Stärke grafisch ermitteln. An Bord wird er vom Verklicker angezeigt oder am Display als „apparent wind“ (oft abgekürzt zu app wind).

B17

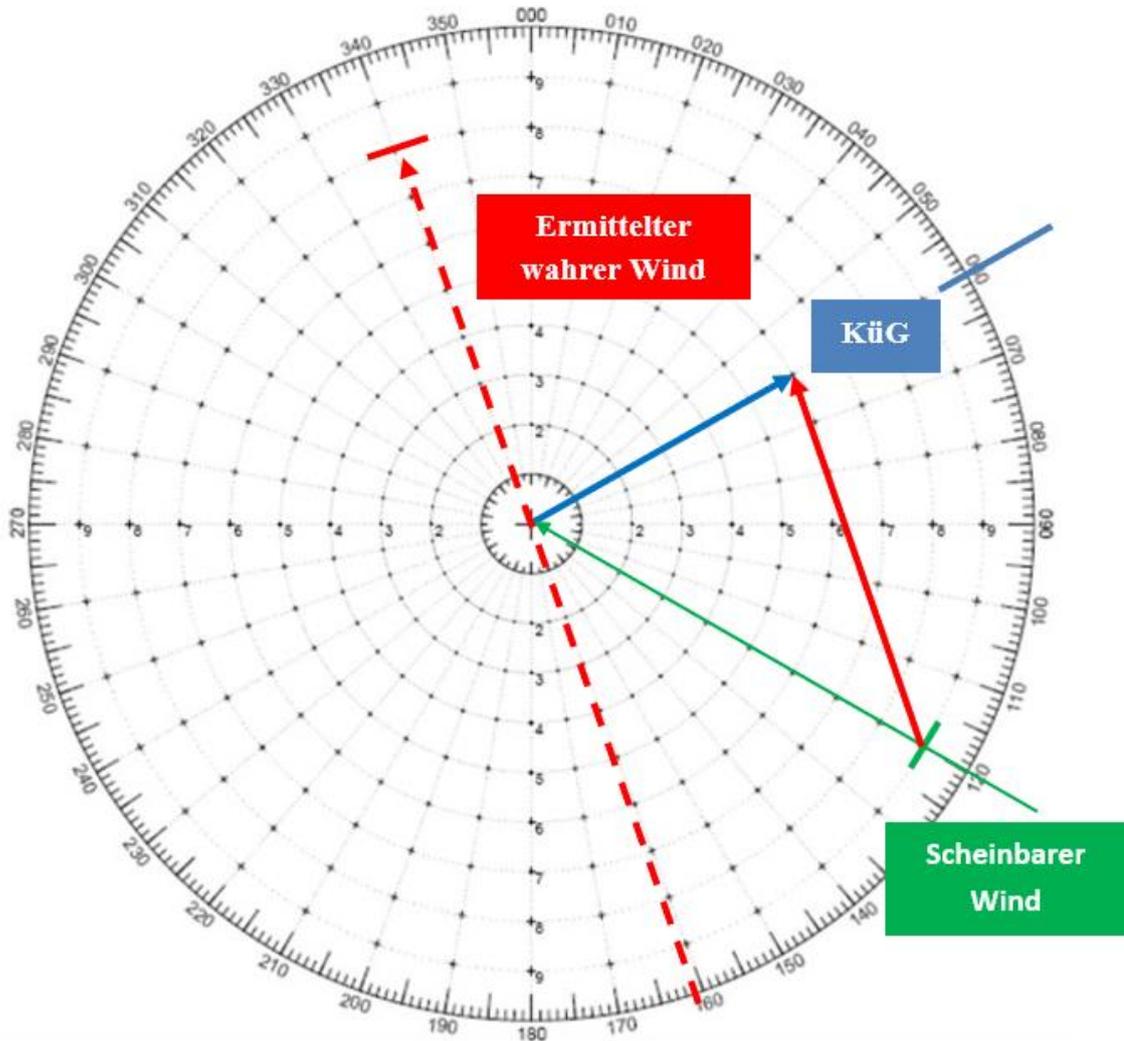


Man kann das Parallelogramm auch in eine Kompassrose einzeichnen:

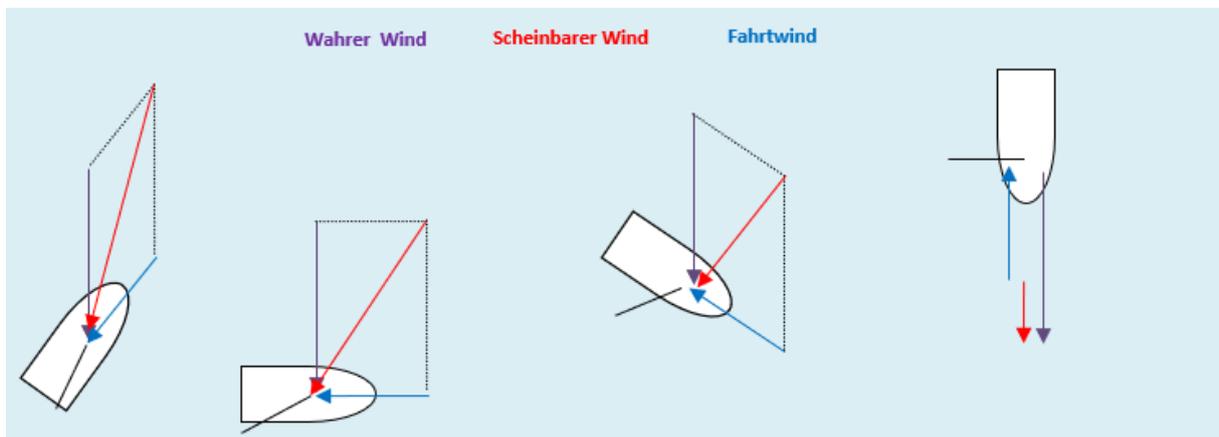
Man trägt dort den Vektor (A) – (B) an, welcher die Kursrichtung (im Beispiel: KüG 060°) und die Geschwindigkeit (im Beispiel: FüG 12 kn) des eigenen Bootes repräsentiert (abgelesen vom GPS).

Dann trägt man an Punkt (A) den Vektor (C) – (A) an. Dieser steht für die Richtung (im Beispiel: 120°) und Stärke (im Beispiel: 18 kn) des scheinbaren Windes, eine Information, die man über den Windex-Indikator am Masttopp erhält.

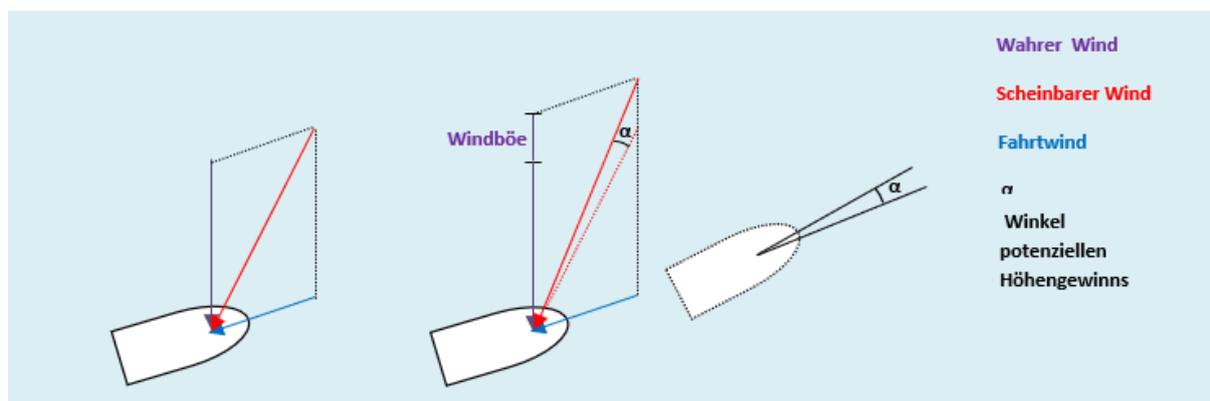
Verbindet man nun die Punkte (C) und (B) erhält man den Vektor des wahren Windes, seine Länge gibt die Windgeschwindigkeit an (im Beispiel: 16 kn); seine Richtung (im Beispiel: 161°) kann man am besten ablesen, wenn man den Vektor parallel verschiebt, bis er den Mittelpunkt schneidet.



Der scheinbare Wind fällt stets vorlicher ein als der wahre Wind (Ausnahme: auf Vor-Wind-Kurs); am Wind ist der scheinbare Wind stärker und vor dem Wind schwächer als der wahre Wind. Bei gleichbleibender Stärke und Richtung des wahren Windes ergeben sich folgende Verhältnisse unter den verschiedenen Kursen zum (scheinbaren) Wind:



Nimmt der wahre Wind in einer Windböe kurzzeitig zu, dann fällt der scheinbare Wind vorübergehend achterlicher ein, man sagt er „raumt“. Dies gibt uns Gelegenheit kurz anzuluven, bis die Windböe wieder an Kraft verliert und der Wind wieder vorlicher einfällt, man sagt er „schralt“.



Würde sich die Fahrt des Bootes sofort beim Eintreffen der Böe erhöhen, käme der Effekt des „räumen“ Windes nicht zustande; die Massenträgheit des Bootes verzögert dies aber.

Die Wasseroberfläche erzeugt einen Reibungswiderstand, deshalb ist der wahre Wind in der Regel umso stärker, je höher wir ihn am Mast messen. Für den scheinbaren Wind bedeutet dies, dass er oben am Mast achterlicher einfällt, als auf Deckshöhe. Um nun sicherzustellen, dass unser Segel vom Kopf bis zum Hals vom scheinbaren Wind im gleichen Winkel angeströmt wird, müssen wir das Segel verdrehen. Diese Verdrehung des Segels, die man beispielsweise über den Traveller erreicht, nennt man Twist.

Luftströmung

Ihre Funktion unserem Boot Vortrieb zu verschaffen können die Segel nur erfüllen, wenn sie von der Luftströmung richtig erfasst werden. Dazu müssen die Segelstellung (Schotführung) und der Segeltrimm (mittels Unterliekstrecker: flach oder bauchig) funktionieren.

Die auf das Segel treffende Luftströmung wirkt in Luv durch Druck und in Lee durch Unterdruck (= Sog). Das den Unterdruck erzeugende Prinzip ist dasselbe, wie im Flugsport und wird dort als aerodynamischer Auftrieb bezeichnet. Die Tragfläche eines Flugzeugs ist auf ihrer oberen Seite stärker gewölbt als auf ihrer unteren Seite; der längere Weg zwingt die Luft auf der oberen Seite schneller zu strömen, was den gewünschten Unterdruck bewirkt, von dem die Tragfläche nach oben „gesogen“ wird. Bei einem Segel ist es der Weg vom Vor- zum Achterliek, welcher auf der Leeseite länger ist, so dass dort rechtwinklig zum Luftstrom der Unterdruck entsteht. Der Unterdruck in Lee ist in etwa dreimal grösser als der Druck in Luv. Beide Kräfte zusammen ergaben die spürbare Windkraft.

Allerdings wirken die beiden Kräfte, je nach Kurs zum Wind, unterschiedlich stark. Auf einem Am-Wind-Kurs wird der Vortrieb ausschliesslich durch die Sogkraft erzeugt. Dies ist der Grund dafür, dass Rahsegler bereits mit einem Winkel von 80° bis 90° zum Wind maximale Höhe laufen, da sie ihren Vortrieb aus dem Winddruck beziehen, während eine schratgetakelte Slup erst bei circa 30° hart am Wind liegt; man sagt auch sie hat einen Wendewinkel von circa 60° und von daher gute Kreuzeigenschaften. Auf Halbwind-Kurs tritt zum Windsog bereits der Winddruck hinzu, auf Raumschots-Kurs nimmt die Bedeutung des Winddrucks gegenüber dem Windsog weiter zu und vor dem Wind wirkt nur noch der Winddruck. Die Wirkung des Winddrucks wird durch ein stark gewölbt (bauchiges) Segel verstärkt, von daher erklärt sich der

Zuschnitt eines Spinnackers, während die Wirkung der Sogkraft am stärksten ist, wenn die laminare Strömung funktioniert, also am Segel keine Luftverwirbelung auftritt. Dies ist der Fall bei einem flach geschnittenen und gleichmässig gewölbten Segel, dessen grösste Profiltiefe etwa in der Mitte liegt.

Beim Segeln auf Am-Wind-Kursen, wenn also die Sogwirkung entscheidend ist, muss der Anstellwinkel so bemessen sein, dass die laminare Luftströmung in Lee nicht abreisst. Zu dicht geholte Segel zerstören die Leeströmung am Segel und damit den Unterdruck infolgedessen der Vortrieb des Schiffes abnimmt. Den optimalen Anstellwinkel in der Praxis finden wir, indem wir die Segel so weit fieren, dass sie nicht killen. Zudem können wir an den Windfäden (Spionen) kontrollieren, ob diese auf beiden Seiten horizontal anliegen, was ein Beweis für die vorhandene laminare Strömung ist.

Exkurs: Windfäden (telltales)

Während uns der Verklicker am Masttopp „nur“ die Richtung des scheinbaren Windes verrät, sind die Windfäden – auch als Spione bezeichnet – für uns eine wichtige Trimmhilfe. Sie sind ein sensibles Messinstrument, welches uns die Umströmung eines Segels anzeigt. Deshalb funktionieren sie auch nur auf Kursen, an denen Strömung herrscht, also nicht bei Windeinfallswinkeln über 90°.

Windfäden am Grossegegel werden am Achterliek am Ende jeder Lattentasche angenäht. Es handelt sich um circa 10 cm lange Streifen Spinnackertuch. Wehen alle Windfäden gerade nach achtern aus, steht das Grossegegel richtig. Weht der oberste Windfaden nach Lee aus, braucht das Grossegegel mehr Twist. Dazu holt man den Traveller nach Luv und fiert die Schot sowie den Baumniederholer.

Am Vorsegegel werden die Windfäden paarweise in Luv und Lee eingesetzt. Es werden üblicherweise drei Paare Wollfäden mit kleinem rundem Patch in unterschiedlicher Höhe zirka 15 – 30 cm hinter dem Vorliek aufgeklebt (1.20 m über dem Deck – Mitte Vorstag – 1 m unter dem Segelkopf). Die grünen Fäden auf der Steuerbordseite sollten etwas höher angebracht sein als die roten Fäden auf der Backbordseite, damit man sie gut unterscheiden kann. Segel aus Dracon und Foliensegel sind ausreichend transparent, um die Leefäden auch ohne Fenster erkennen zu können. Wenn die Leefäden herunterhängen muss man anluven, fangen die Luvfäden an zu flattern muss man abfallen.

Für eine Optimierung der Luftströmung ist auch das Zusammenwirken von Genua und Grossegegel wichtig. Der Luvwind wird von der Genua nach achtern umgelenkt und kann so durch die auftretende Beschleunigung den Unterdruck am Grossegegel noch einmal erhöhen (Düsenwirkung); steht die Genua aber zu dicht, dann trifft der von ihr umgelenkte Luftstrom auf das vordere Drittel des Grossegegels und drückt dieses ein, was eine Bremswirkung zur Folge hat.

Leider entfaltet die Windkraft aber nicht nur eine Vortriebskraft, sondern auch eine vergleichsweise noch stärkere Querkraft, die sich als Abdrift oder Krängung zeigt. Die Abdrift wird durch den vom Lateralplan des Bootes bestimmten Gegendruck minimiert; eine moderne Fahrtenyacht hat einen Abdriftwinkel von etwa 3° bis 5°. Der Krängung wirkt die hydrostatische Stabilität (siehe Seite 21) entgegen.

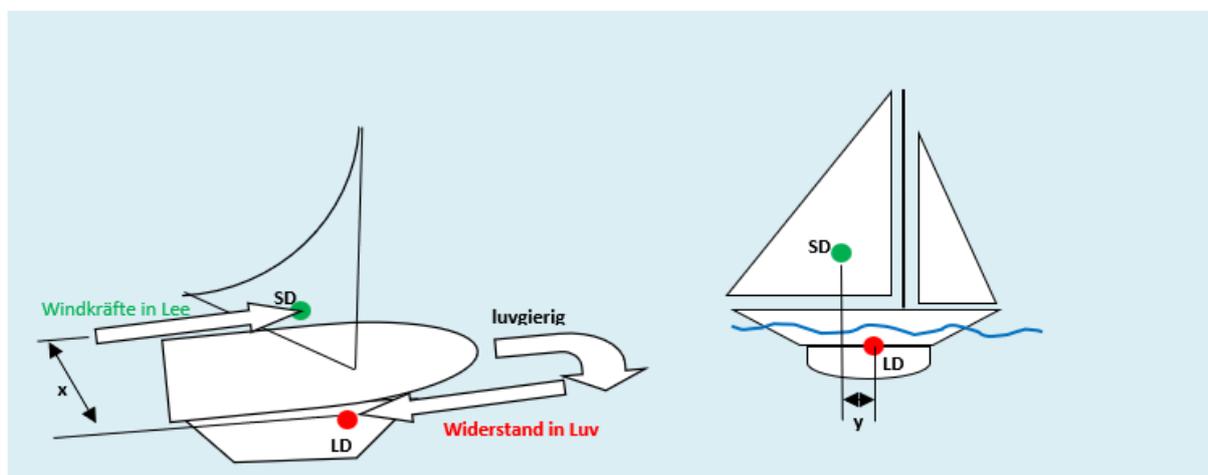
Ohne die unter Wasser wirkenden Gegenkräfte wäre es also nicht möglich einen raumen, halben oder Am-Wind-Kurs zu steuern, also über Grund in Richtung Luv zu fahren. Denn ohne die Unterwasserfläche des Kiels (respektive des Schwertes) würde ein Boot – unabhängig von seiner Bugrichtung – einfach vor dem Wind hertreiben.

Segel- und Lateraldruckpunkt

Die beiden durch die Luftströmung auf das Segel einwirkenden, nach Lee gerichteten Kräfte Winddruck und Windsog kann man sich gebündelt, an einem Punkt angreifend vorstellen, dies ist der Segeldruckpunkt. Unter Wasser bündeln sich die Kräfte, die den Segelkräften entgegenwirken, am geometrisch ermittelbaren Flächenschwerpunkt des Lateralplans, dem Lateraldruckpunkt. Der Hebelarm zwischen Segeldruckpunkt und Lateraldruckpunkt ist ursächlich für die Luv- bzw. Leegierigkeit unserer Yacht.

Konstruktiv wird versucht für eine Ausgeglichenheit der Kräfte zu sorgen; man möchte eine zu starke Luv- oder Leegierigkeit vermeiden, da sie die Steuerbarkeit des Bootes erschwert bis unmöglich macht. Die Faustregel besagt, dass ein gut getrimmtes Boot bei 2 Beaufort keine Luv- oder Leegierigkeit aufweisen sollte. Bei stärkerem Wind wird zumeist eine leichte Luvgerigkeit akzeptiert, da der Rudergänger so etwas Ruderdruck verspürt und auch aus Sicherheitsgründen eine Drehung des Bootes in den Wind immer unkritischer ist als ein plötzliches Abfallen.

Luvgerigkeit entsteht zum einen bei Krängung, da dann der Segeldruckpunkt „SD“ (center of effort) in Lee des Lateraldruckpunktes „LD“ (center of lateral resistance) liegt und mit der Kraft des Hebelarms x eine Drehung des Bugs bewirkt und zum anderen dann, wenn der Segeldruckpunkt auf der Längsachse des Bootes hinter dem Lateraldruckpunkt liegt und die Hebelkraft y den Bug dreht.



Die Lage des Segeldruckpunktes kann man durch den Segeltrimm beeinflussen. Der Hebelarm x verkleinert sich, wenn man beispielsweise durch Reffen die Krängung vermindert und der Segeldruckpunkt dadurch weniger nach Lee auswandert. Der Hebelarm y verkleinert sich, wenn der Segeldruckpunkt nach vorn oder der Lateraldruckpunkt nach achtern wandern; dies erreichen wir beispielsweise durch eine Vergrößerung der Vorsegelfläche, eine Verkleinerung der Grossesegelfläche - sprich durch Reffen, eine Verringerung des Mastfalls, durch das Aufholen des Senkschwertes bei Kielschwertyachten oder durch die Verlagerung des Crewgewichtes nach achtern bei Booten bis zu einem Eigengewicht von circa 2,5 Tonnen.

Grossegel-Trim

Das Grossegel trägt aus der gerade beschriebenen Bedeutung des Segeldruckpunktes nicht nur wesentlich zum Vortrieb, sondern auch zur Kursstabilität bei. Ein geschlossenes Achterliek leitet den Luftstrom stärker nach Luv ab, also entsteht am Heck eine Kraft, die nach Lee wirkt und das Boot wird luvgerig.

Am Grossegel lassen sich zwei Parameter verstellen: „Profil“ und „Twist“.

Unter Profil versteht man die Form des Grossegels, also ob es flach oder bauchig ist. Ein flach getrimmtes Segel lässt auch noch bei zunehmendem Wind ein kontrolliertes Segeln zu und gestattet es dem Skipper mit dem Reffen zu warten.

Twist bezeichnet die Verwindung des Segels in sich. Auf Am-Wind-Kurs mit viel Wind möchte man viel Twist, um aus dem oberen Teil des Segels Druck abzulassen, bei wenig Wind möchte man weniger Twist, damit der Druck Vortrieb erzeugt.

Für den Trim des Grossegels haben wir verschiedene Hilfsmittel:

- Fallspannung und/oder Cunningham
- Unterliekstrecker
- Achterstag und/oder Backstagen
→ beeinflussen das Profil.
- Baumniederholer
- Traveller
- Grossschot
→ beeinflussen den Twist. Merke: „Was unter dem Baum ansetzt, ist für den Twist.“

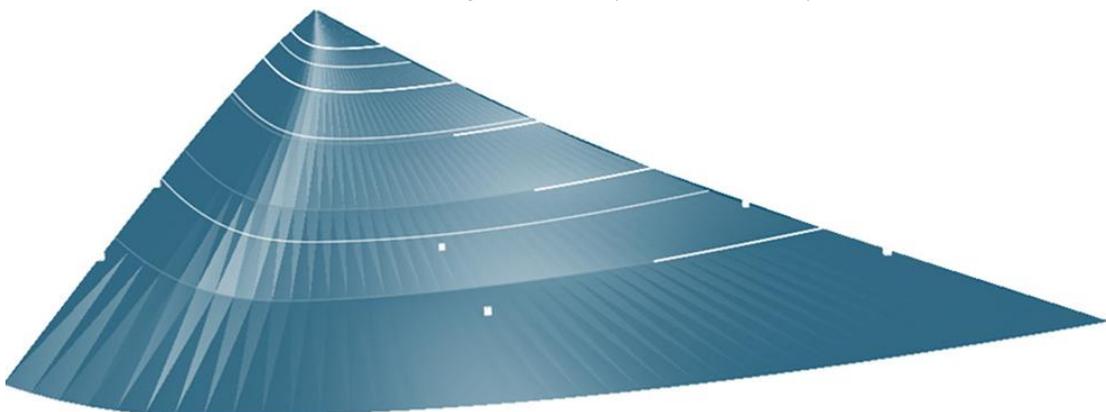
- **Fallspannung (halyard tension) und/oder Cunningham (downhaul)**

Beim Setzen des Grossegels setzt man das Fall üblicherweise gut durch, so dass das Vorliek keine Lose mehr hat. Je härter das Fall durchgesetzt wird, desto weiter vorne liegt der Bauch des Segels (gilt speziell bei Segeln aus Dacrontuch).

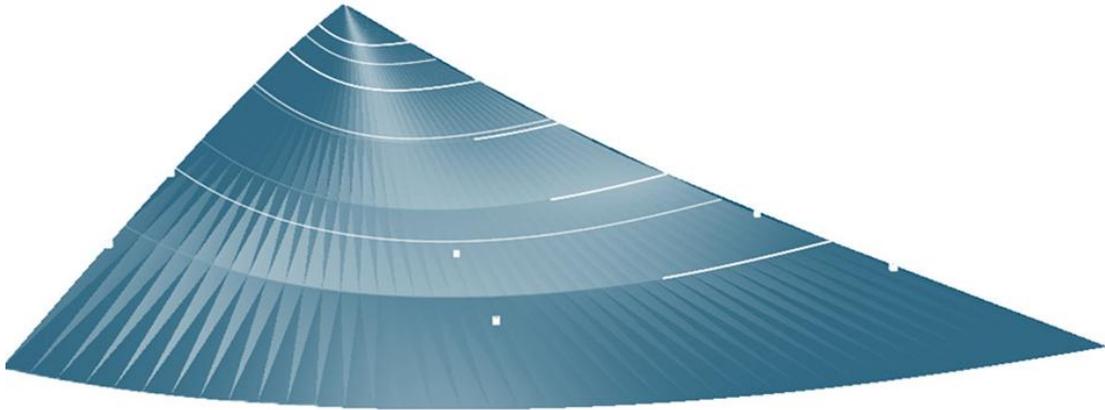
Auch mit dem am unteren Ende des Vorlieks ansetzenden Cunninghamstrecker lässt sich die Spannung des Vorlieks verändern. Er hat denselben Effekt wie die Fallspannung. Bei Segeln, die am Mast nicht gut rutschen, wirkt die Fallspannung oft nicht gleichmässig über die gesamte Länge des Vorlieks; dann kann der Cunninghamstrecker dabei helfen, die gewünschte Vorliekspannung auch in unteren Teil herzustellen.

Blick von unten in das Segel:

Das Grossfall ist fest - Der Bauch im Segel ist vorne (Quelle: Elvström):



Das Grossfall ist lose - Der Bauch im Segel wandert nach achtern (Quelle: Elvström):



- **Der Unterliekstrecker (outhaul)**

Durch das Dichtholen oder Fieren des Unterliekstreckers kann man das Segel flacher oder bauchiger trimmen. Eine Änderung der Unterliekspannung wirkt sich im unteren Drittel des Segels aus. Höhere Unterliekspannung führt neben einer Abflachung des Profils zur Verlagerung des Bauchs in Richtung Grossbaum. Ein flaches Segel hat einen weiter in Luv liegenden Druckpunkt und lässt die Luftströmung ungebremster entlang streichen. Dadurch nimmt die Gefahr einer 90°-Krängung (Knockdown) und des mit dem Bug-in-den-Wind-Schiessen (Sonnenschuss) vor allem in plötzlich auftretenden heftigen Böen ab.

Bringt man am achterlichen Ende des Baums eine Zahlenskala an, kann man sich für das nächste Mal besser merken, wie man das Unterliek unter gegebenen Umständen optimal gespannt hatte.

- **Das Achterstag (aftstay)**

Mit dem Vorstag wird der Mastfall reguliert, man stellt seine Länge so ein, dass die gewollte leichte Neigung des Mastes in Richtung Heck - zumeist in einem Winkel zwischen 1° und 4° - entsteht. Angaben hierzu erhält man üblicherweise von der Werft.

Exkurs: Einstellen des Mastfalls durch Justierung des Vorstags

Das Schiff darf keine extern verursachte Neigung haben. Man hängt dann ein hohes Gewicht (z.B. den Reserveanker) an das Grossfall und lässt sich dieses Gewicht frei einpendeln.

Zur Berechnung des Mastfalls wird das Vorliekmass „P“ des Grosssegels benötigt; dieses Mass wird mit dem Faktor „X“ für den gewünschten Mastfall multipliziert.

„X“ beträgt

- 0,009 für einen Mastfall von 0,5°
- 0,018 für einen Mastfall von 1°
- 0,026 für einen Mastfall von 1,5°
- 0,035 für einen Mastfall von 2° etc.

Daraus errechnet sich die dazugehörige Distanz zwischen dem frei hängenden Grossfall und der Achterkante des Mastes; gemessen wird in Höhe des Grossbaums. Für Vorlieklängen bis 20 m finden sich die Distanzen in folgender Tabelle:

Mastfall	0,5°	1,0°	1,5°	2,0°	2,5°	3,0°	3,5°	4,0°
Vorliek Gross (P)								
8,00 m	7,0 cm	14,0 cm	20,9 cm	27,9 cm	34,9 cm	41,9 cm	48,9 cm	55,9 cm
9,00 m	7,9 cm	15,7 cm	23,6 cm	31,4 cm	39,3 cm	47,2 cm	55,0 cm	62,9 cm
10,00 m	8,7 cm	17,5 cm	26,2 cm	34,9 cm	43,7 cm	52,4 cm	61,2 cm	69,9 cm
11,00 m	9,6 cm	19,2 cm	28,8 cm	38,4 cm	48,0 cm	57,6 cm	67,3 cm	76,9 cm
12,00 m	10,5 cm	20,9 cm	31,4 cm	41,9 cm	52,4 cm	62,9 cm	73,4 cm	83,9 cm
13,00 m	11,3 cm	22,7 cm	34,0 cm	45,4 cm	56,8 cm	68,1 cm	79,5 cm	90,9 cm
14,00 m	12,2 cm	24,4 cm	36,7 cm	48,9 cm	61,1 cm	73,4 cm	85,6 cm	97,9 cm
15,00 m	13,1 cm	26,2 cm	39,3 cm	52,4 cm	65,5 cm	78,6 cm	91,7 cm	104,9 cm
16,00 m	14,0 cm	27,9 cm	41,9 cm	55,9 cm	69,9 cm	83,9 cm	97,9 cm	111,9 cm
17,00 m	14,8 cm	29,7 cm	44,5 cm	59,4 cm	74,2 cm	89,1 cm	104,0 cm	118,9 cm
18,00 m	15,7 cm	31,4 cm	47,1 cm	62,9 cm	78,6 cm	94,3 cm	110,1 cm	125,9 cm
19,00 m	16,6 cm	33,2 cm	49,8 cm	66,3 cm	83,0 cm	99,6 cm	116,2 cm	132,9 cm
20,00 m	17,5 cm	34,9 cm	52,4 cm	69,8 cm	87,3 cm	104,8 cm	122,3 cm	139,9 cm

Während der Fahrt ist das Vorstag keine Trimmeinrichtung. Will man seine Spannung erhöhen, weil beispielsweise das Vorliek der Genua „kilt“, so holt man das Achterstag dichter.

Durch das Dichtholen des Achterstages wird bei Partialriggs (siehe oben) der oberste Teil des Mastes nach Achtern gebogen. Somit verkürzt sich die Distanz zwischen Masttopp und Grossbaumnock. Das Achterliek des Grosssegels ist weniger stark gespannt und funktioniert im oberen Bereich nach Lee aus. Dadurch wandert der Segeldruckpunkt nach unten und die Krängung nimmt ab. Zudem spannt der durch das Dichtholen des Achterstags nach vorne gebogene Mast das Segel, d.h. er macht es flacher.

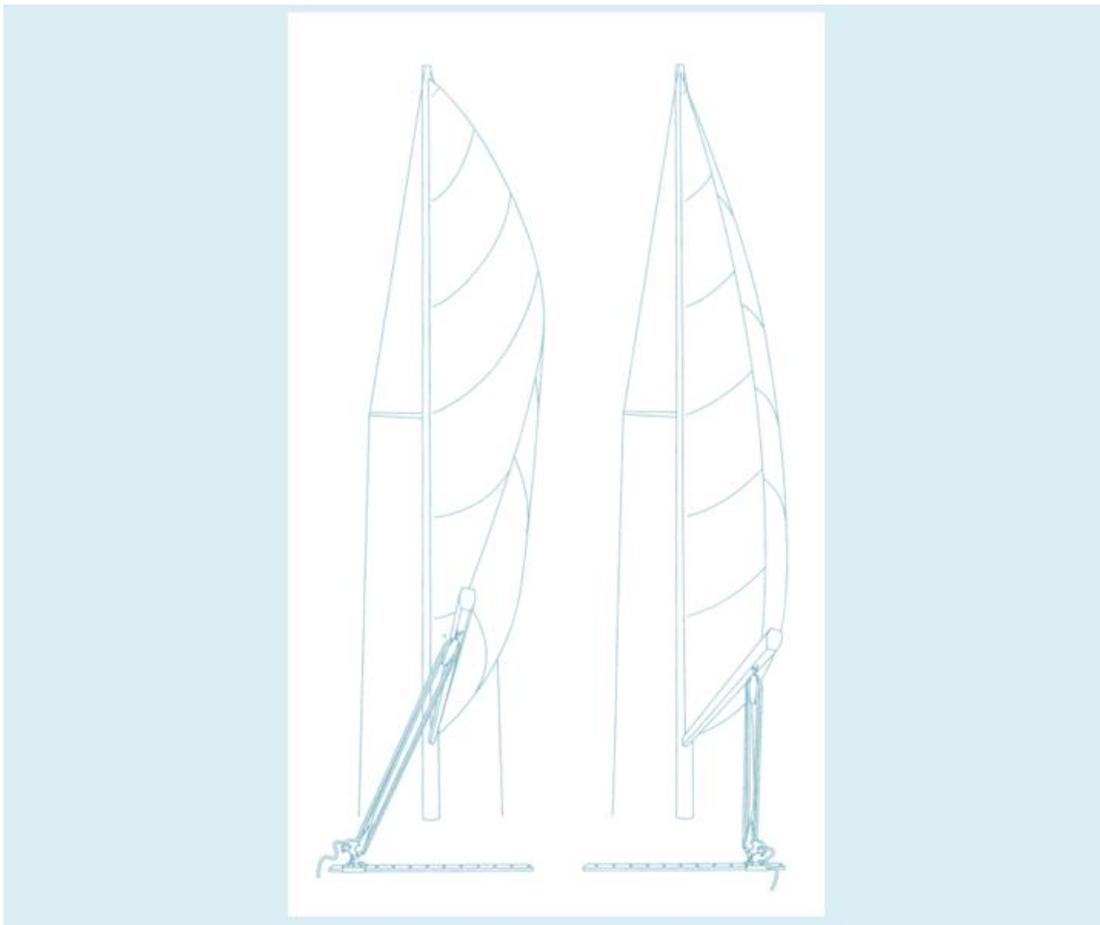
Das heisst, dass wir bei leichtem Wind mit einem geraden Mast fahren und das Achterstag umso dichter holen, je stärker der Wind wird, weil wir so das Segelprofil zum Segelkopf hin flacher trimmen. Leider wandert der Segeldruckpunkt beim Dichtholen des Achterstags nicht nur nach unten, sondern auch nach hinten aus, was eine zu grosse Luvgerigkeit zur Folge haben kann. Dies kann man über das Dichtholen der Cunningham wieder ausgleichen, die Profiltiefe und der Segeldruckpunkt wandern wieder nach vorne (siehe oben).

Beim Trimmen mit dem Achterstag sollte man – falls vorhanden – wieder auf den Windfaden an der obersten Segellatte achten. Weht dieser komplett aus und die laminare Strömung ist abgerissen, muss der Trimm korrigiert werden.

Auf den meisten Fahrtenyachten ist das Achterstag nicht für eine ständige Justage ausgelegt, d.h. man kann es nicht bei einzelnen Böen als Trimminstrument nutzen, aber man sollte es vor dem Auslaufen so einstellen, dass es den zu erwartenden Windbedingungen bestmöglich entsprechen kann.

- **Die Grossschotschiene (traveller)**

Bei Schwachwind wird der Traveller in Luv gefahren, bei mittleren Windstärken mittig. Bei Starkwind fahren wir den Traveller, solange die Krängung nicht zu stark wird (bei modernen Fahrtenyachten liegt die optimale Krängung zwischen 15° und 25°), weiterhin mittig, ansonsten in Lee. Die oberste Segellatte des Grossegels sollte in etwa parallel zum Grossbaum stehen. Die Idee ist dem Grossegel mit dem Traveller eine Verwindung zu geben (siehe oben: Twist). Mit einem flach getrimmten Grossegel kann man auch bei zunehmendem Wind die volle Vorsegelfläche noch lange stehen lassen und weiterhin gut Höhe laufen.



- **Der Baumniederholer (kicking strap / vang)**

Steht der Traveller in Luv ist der Baumniederholer etwas zu fieren; vice versa. Erhöhter Twist durch einen Traveller in Luv vermindert die Krängung eines Bootes durch Reduktion des Drucks im oberen Anteil des Segels, was zum Abwettern von Starkwind genutzt werden kann. Zu starker Twist bedingt jedoch bei starkem Wind das Auswandern des Segeldruckpunktes nach Lee und das Auftreten von Kräften nach Luv im Masttopp, was zu übermässiger Krängung, erschwerter

Steuerbarkeit und einer schwer kontrollierbaren Rollbewegung des Bootes führen kann. Um den Twist des Segels zu kontrollieren, kann man nicht nur den Traveller nach Lee setzen, sondern auch den Grossbaum mittels Baumniederholer nach unten ziehen; dies gilt vor allem, wenn man das Grosseegel weiter öffnet, als die Travellerschiene lang ist. Ein durchgesetzter Baumniederholer reduziert den Twist, erhöht die Spannung auf dem Achterliek und flacht das Profil ab.

- **Die Grossschot (main sheet)**

Bei der Führung der Grossschot sollten wir den Trimm unseres Grosseegels mittels der obersten Segellatte kontrollieren. Nehmen wir auf Am-Wind-Kursen die Grossschot dicht, dann holen wir den Grossbaum mittschiffs, aber gleichzeitig ziehen wir ihn auch nach unten. Dadurch spannen wir das Achterliek des Grosseegels. Fahren wir das Grosseegel zu dicht, dann zeigt die oberste Segellatte gegen Luv und die Leeströmung reisst ab; man erkennt dies daran, dass der der Windfaden am Ende der obersten Segellatte nicht mehr ausweht, sondern dauerhaft nach Lee funktio- niert.

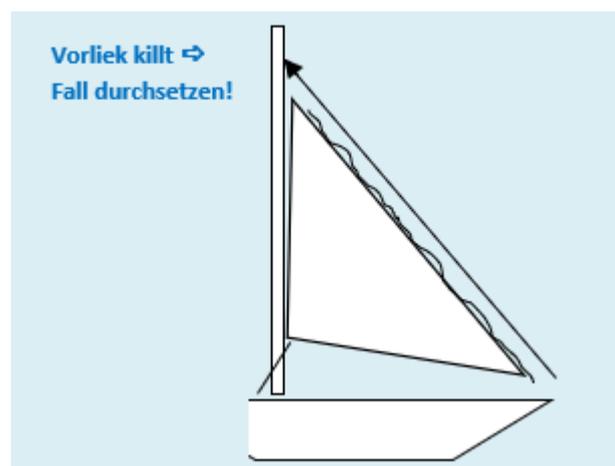
Um dies zu vermeiden, müssen wir den Traveller auf Am-Wind-Kursen mittschiffs setzen, dann reicht viel weniger Zug auf die Grossschot und wir erhalten die laminare Strömung am Segel. Rich- tig getrimmt weht der Windfaden an der obersten Segellatte überwiegend nach achtern aus und funktioniert nur gelegentlich nach Lee um. Alle unteren Windfäden wehen ständig nach achtern aus.

Die Achterliekleine (auch Jakobsleine genannt) läuft durch den Saum des Grosseegel-Achterlieks. Man kann diese dünne Leine durchsetzen, was ein Killen des Achterlieks vermeiden hilft. Als Trimmeinrichtung ist die Achterliekleine jedoch nicht einsetzbar. Würde man sie zu stark spannen, würde das das Achterliek nach Luv umklappen und die laminare Strömung stören.

Vorsegel-Trimmm

Unser Vorsegel (die Fock oder die Genua) leistet auf Am-Wind-Kursen einen wesentlichen Beitrag zum Vortrieb. Vor ihm steht kein Mast, der die Luftströmung stört.

Das Profil des Vorsegels beeinflusst vor allem die weitere Luftströmung, welche als nächstes auf das Grosseegel trifft (wie oben bereits ausge- führt). Grundsätzlich sollte das Vorsegel über sein Fall gut durchgesetzt sein, damit sein Vor- liek nicht killt. Natürlich dürfen auch das Achter- und das Unterliek keine Falten werfen, dies kön- nen wir über den Holepunkt regulieren. Die dichtgeholte Fock sollte immer so stehen, dass Achter- und Unterliek gleichmässig gestrafft sind. Killt das Achterliek, so muss der Holepunkt nach vorn versetzt werden; killt das Unterliek, so muss der Holepunkt nach achtern versetzt wer- den.



Auch ein korrekt getrimmtes Vorsegel mit gleichmässiger Liekspannung benötigt für seine Wirkung den richtigen Anstellwinkel. Jede Kursänderung verlangt ein aktives Führen der Fockschot; auch eine Selbst- wendefock befreit den Vorschoter nicht von seiner Arbeit.

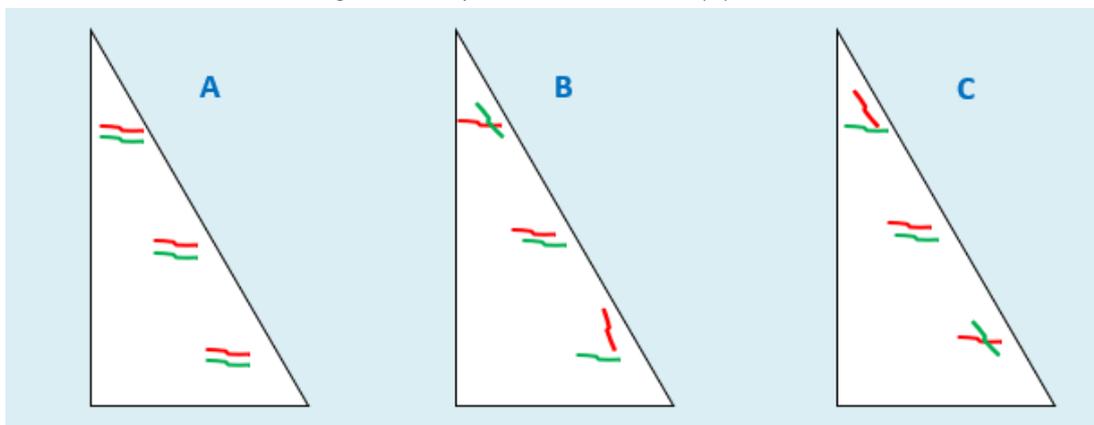
- **Fockschot (jib sheet)**

Den richtigen Anstellwinkel kontrollieren wir über die Windfäden (Telltales). Diese sollten circa 20 cm vom Vorliek entfernt und 30 cm lang sein. Wehen die Fadenpaare in Luv und in Lee waagrecht nach hinten aus, liegt die gewünschte laminare Luftströmung am Segel an. Steigt ein Luvfaden, dann muss man das Segel dichtholen oder abfallen; steigt ein Leefaden, dann muss man das Segel fieren oder anluven.

- **Der Holepunkt (jib sheet leads)**

Mit der Position des Vorsegel-Holepunktes verändern wir neben der Liekspannung auch das Profil des Vorsegels. Schieben wir den Holepunkt nach vorne, hört das Achterliek auf zu killen, weil wird das Schothorn mehr nach unten ziehen, dabei wird das Profil des Segels jedoch auch tiefer und schliesst sich im achterlichen Teil. Dies erzeugt viel Druck und ist bei wenig Wind ideal. Es besteht aber die Gefahr, dass dadurch die Leeströmung abreisst. Schieben wir den Holepunkt nach achtern, wird das Schothorn mehr nach hinten gezogen, zunächst wird das Unterliek gestreckt, aber dabei wird das Segelprofil flacher und öffnet sich im hinteren Teil des Segels. So wird Druck aus dem Segel genommen.

Die oben schon angesprochenen Windfäden dienen uns auch zur Optimierung der Holepunkte. Der Vorsegel-Holepunkt ist richtig gewählt, wenn die Windfäden auf beiden Segelseiten laminar (= horizontal) strömen (A). Wenn jedoch der untere **Luv-Windfaden** und der obere **Lee-Windfaden** steigen, liegt der Holepunkt zu weit vorne (B). Steigen hingegen der untere **Lee-Windfaden** und der obere **Luv-Windfaden** liegt der Holepunkt zu weit hinten (C).



- **Regulierung des Durchhanges über die Vorstagsspannung (headstay tension)**

Die Profitiefe des Vorsegels können wir aber auch noch über die Vorstagsspannung beeinflussen. Wir regulieren damit den so genannten Durchhang, den wir am Vorliek des Vorsegels haben. Die ist vor allem für die Am-Wind-Kurs-Eigenschaft unserer Yacht entscheidend. Bei wenig Wind ist ein Segel mit tiefem, weiter hinten liegendem Profil erwünscht; wir erhalten den dazu nützlichen Durchhang des Vorstags durch das Lösen der Backstagen und das Fieren des Achterstags. Bei starkem Wind hingegen soll das Segelprofil flacher sein. Entsprechend holen wir das Achterstag und das Luv-Backstag dicht und straffen somit das Vorstag.

Spinnacker– Gennacker / Blister - Code 0

Hierbei handelt es sich um grossflächige Segel, die auf Vorwind-, Raumschot- und bedingt auf Halbwindkurs eingesetzt werden können. Die Windwinkel sind unterschiedlich: Spinnacker ca. 105° – 175°, Gennacker ca. 90° - 160° und Code Zero ca. 50° bis max. 120°).

Ein **Spinnacker (Spi)** ist ein grosses bauchiges Vorsegel, welches an einem Spi-Baum angeschlagen und mit losem Unterliek gefahren wird. Es verleiht dem Schiff deutlich mehr Fahrt, was ihm auch mehr Stabilität in der Dünung gibt. Ein Spinnacker ist symmetrisch geschnitten, für das Cruising am geeignetsten ist der Triradialschnitt. Stark verarbeitete Spinnacker sind durchaus auch bei ordentlichem Wind einsetzbar. Je grösser ihre Fläche ist, desto komplizierter und gefährlicher wird allerdings ihre Bergung, vor allem das Hantieren bei Seegang mit dem sperrigen Spibaum auf dem Vordeck. Der sicherste Weg ist dann vor den Wind zu gehen, die Spinnakerschot bis zum Vorstag zu fieren, den Topnant abzulassen, den Hals auszuklinken, das Spifall zu fieren und das Spituch dann in Lee des Grosssegels einholen.

Ein **Gennacker** ist asymmetrisch geschnitten; sein Hals wird an einer Art Bugsprit gefahren. Es ist, wie das Spinnackersegel, aus Nylon und oft einrollbar. Seine Fläche ist etwa 10 Prozent geringer als die eines Spinnackers. Der Name Gennacker ist ein Kunstwort und setzt sich aus Genua und Spinnaker zusammen. Wegen seiner einfachen Handhabung ist dieses Tuch bei Fahrtenseglern mit kleiner Crew beliebt. Dadurch, dass der Hals mit einer Talje nach unten oder oben verholt werden kann, bleibt das Vorliek trimmbar. Für den optimalen Stand des Segels sorgen weit nach achtern geführte Spischoten. Der Gennaker muss in einer Halse vorn um das Vorstag herumgezogen werden. Direkt vor dem Wind kann dieses Segel wie eine Genua als Schmetterling gefahren werden; ausgebaumt auf der dem Grosssegel gegenüberliegenden Seite. Ein Baum ist folglich auch fürs Gennakersegeln erforderlich. Eine Alternative zum Gennacker ist der kleinere Blister, welcher ohne Baum hinter dem Vorstag gefahren wird. Dieses ebenfalls asymmetrische, flach geschnittene Segel mit einem festen Vorliek (Stahl) lässt sich fast so trimmen wie eine grosse Genua und somit sind 50 bis 60 Grad an den scheinbaren Wind machbar. Blister sind sehr tief an Deck gezogen, was den Blick voraus sehr stark eingeschränkt. Wegen seines einfachen und effektiven Handling ist der Blister sehr beliebt bei Fahrtenseglern.

Der **Code 0** wurde für Kurse zwischen Am-Wind und Halbwind bei Leichtwind entwickelt. Eine Genua ist bei wenig Wind zu klein (zu wenig Vortrieb), für den Gennacker ist dieser Winkel noch zu spitz. Der Code 0 wird wie ein Blister fliegend, also ohne Baum mit losem Vorliek gefahren. Das Segel wird nur am Segelkopf und am Segelhals angeschlagen und in aller Regel mit einer Rollanlage gesetzt und geborgen, ist also relativ einfach zu bedienen. Als Material wird das gleiche Tuch verwendet wie für leichte Genuas (Spectra, Aramidid), Polyester und leichtgewichtige, sehr steife Fiber-Laminate.

Grundlagen des Motors

Auf langfahrtauglichen Yachten treffen wir entweder Benzin- oder Dieselmotoren an. Zukünftig werden sicher noch Elektro- und Hybridantriebe dazu kommen. Dort, wo es um Leichtigkeit und Schnelligkeit geht dominieren in der Regel Benzinmotoren, also vor allem bei Motorbooten mit Gleitumpf. Dieselmotoren überzeugen hingegen durch ihre Kraftentfaltung im unteren Drehzahlbereich, ihren geringeren Kraftstoffverbrauch und ihre Sicherheit (weil sie keine Fremdzündung benötigen) auskommen. Sie haben eine höhere Betriebssicherheit und eine längere Lebensdauer. Deshalb trifft man sie in der Regel auf Langfahrtyachten an. Die Berufsschiffahrt verwendet vorwiegend den 2-Takt-Dieselmotor, weil er das beste Verbrauchs-/Leistungsverhältnis aufweist., allerdings sind 2-Takter sehr schwer. Bei Sportbooten trifft man hingegen vorwiegend 4-Takt-Dieselmotoren mit hohem Drehmoment und starkem Schub an.

Vor jedem Auslaufen sollte folgendes überprüft werden:

In kaltem Zustand

- Sauberkeit der Bilge (Austritt von Wasser oder Öl, Gummistaub vom Impeller)
- Seewasserventil muss geöffnet sein
- Brennstoffventil (Tank – Motor) muss geöffnet sein
- Ölstand Motorschmierung
- Sauberkeit des Seewasserfilters
- Stand der Kühlflüssigkeit (innerer Kühlkreislauf)
- Sitz des grossen Keilriemens (am Alternator)
- Sitz des kleinen Keilriemens (am Impeller)
- Treibstoffvorrat

Landstrom kappen – Motor anlassen

- Einschalten des Elektrik-Hauptschalters
- Batteriespannung Motorbatterie
- Batteriespannung Bordbatterie
- Öldruck
- Ladekontrolllampe
- Äusserer Kühlkreislaufes (Wasseraustritt am Auspuff)
- Ölstand Getriebeschmierung
- Schmierung des Wellenlagers (Seeventil muss geöffnet sein)

Bekannt sein sollte die Position

- des Impellers (zum Zweck des Austausches falls beschädigt)
- des Seewasserfilters (zwecks Reinigung falls verschmutzt)
- des Treibstoff-Vorfilters (zum Zweck des Austausches falls verschmutzt)
- des Treibstoff-Feinfilters (zum Zweck des Austausches falls verschmutzt)
- der manuellen Dieselpumpe (wird benötigt, wenn Luft im Treibstoffsystem)
- des Entlüftungsventils auf dem Gefäss des Treibstoff-Filters (wird benötigt nach Austausch des Impellers)

- des Notstoppschalters (falls der Motor durch einen Schaden an der Zylinderkopfdichtung nicht mehr zu stoppen ist und immer schneller dreht – *run away engine*)
- des Lüftungseintritts (kann zugestopft werden, um Motor zu stoppen)
- der Verbindung des Kabels vom Schalthebel zur Gangschaltung am Getriebe (Der Schalthebel am Getriebe kann notfalls manuell umgelegt werden, um den Vor- und Rückwärtsgang einzulegen bzw. auf Neutral zu stellen)
- der Verbindung des Kabels vom Gashebel zur Treibstoffzufuhr (kann notfalls manuell manipuliert werden).
- des Anlassers (kann zwecks Notstart kurzgeschaltet werden; dazu müssen die beiden Terminals zum Beispiel mit einem Schraubenzieher kurzgeschlossen werden- Achtung: Gut isolierten Schraubenzieher nutzen, sonst besteht Stromschlaggefahr!)
- des Wärmetauschers und seiner Schlauchanschlüsse (zwecks Reinigung durch Rückspülung nach dem Austausch des Impellers).

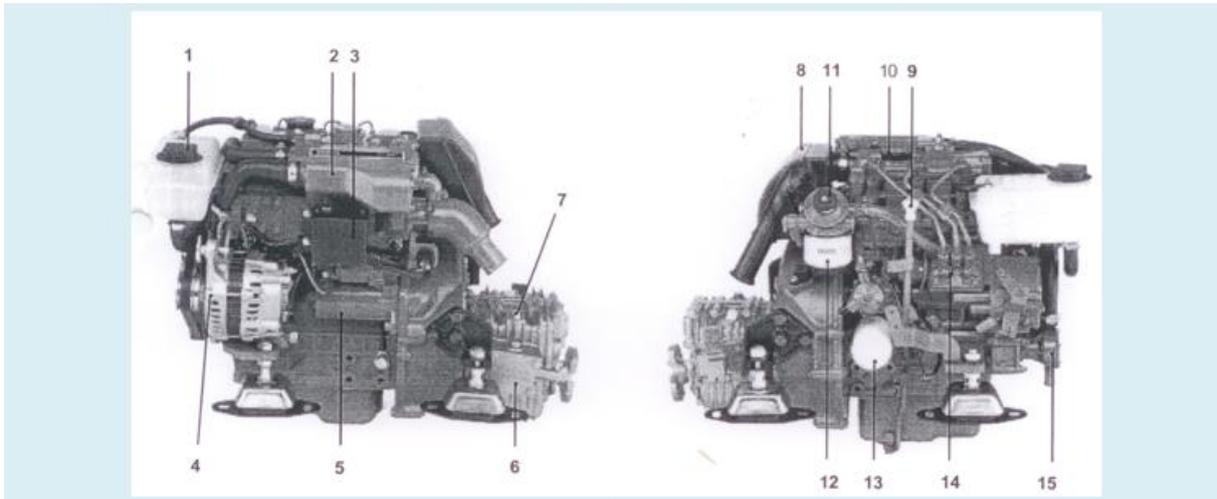
Es ist wichtig, dass der Motor nach dem Start so lange unter Last läuft, bis er seine Betriebstemperatur erreicht hat. Mit eingelegtem Gang und mittlerer Drehzahl dauert dies bei Motoren mit Zweikreiskühlung circa 15 Minuten. Dies reduziert die Gefahr von Kondenswasser-Schäden. Um Standschäden zu vermeiden, sollte ein Motor mindestens einmal alle 14 Tage richtig heiss gefahren werden.

Die übliche Umdrehungszahl einer Fahrtenyacht im Reisemodus liegt zwischen 1.800 U/min. und 2.600 U/min.; längere Topbelastungen, wie auch zu niedrige Umdrehungszahlen (< 1.500 U/min.), sind zu vermeiden. Eine Aufladung der Batterien erfolgt bereits ab einer Umdrehungszahl von 1.300 U/min.

Wird durch zu grosse Krängung die konstruktive Schräglagenkapazität der Auspuffanlage überschritten, kann Seewasser in den Motor eindringen und diesen zerstören. Der Motor sollte deshalb bei mehr als 15° Krängung nicht betrieben werden und nach extremer Krängung durch übergrosse Wellen oder nach einem «Sonnenschuss» sofort gestartet und auf Funktionstüchtigkeit geprüft werden.

Die unteren Seitenansichten zeigen die wesentlichen Bauteile eines solchen Schiffsmotors:

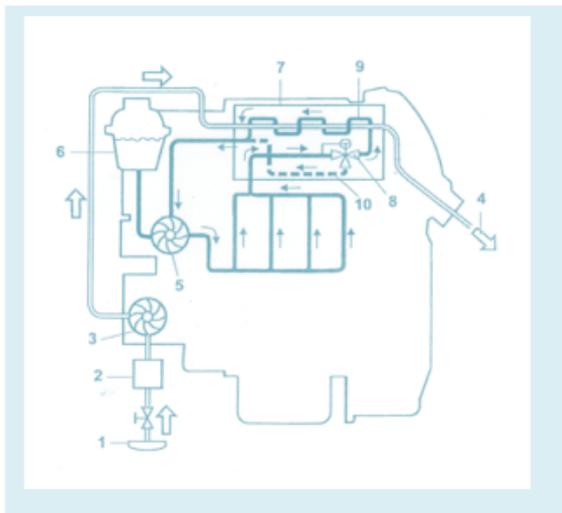
1	Kühlmittelbehälter (innerer Kühlkreislauf)	8	Luftfilter
2	Wärmetauscher	9	Motorölmessstab
3	Elektrobox mit Sicherungen	10	Öfüllkappe
4	Generator	11	Benzinpumpe
5	Anlasser	12	Ölfilter
6	Ölkühlung	13	Dieselfilter
7	Getriebeölmessstab	14	Einspritzpumpe
		15	Seewasserpumpe (Impeller)



Um den Motor besser verstehen zu können ordnet man die Bauteile nach ihrer Funktion den folgenden Systemen zu:

- Kühlsystem (Innerer Kühlkreislauf + Äusserer Kühlkreislauf)
- Kraftstoffsystem
- Elektrisches System
- Schmiersystem

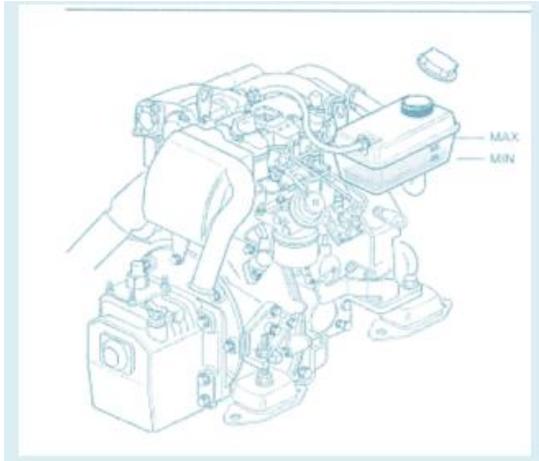
Kühlsystem



- 1 Borddurchlass und Seewasservertil**
- 2 Seewasserfilter**
- 3 Impeller**
- 4 Seewasserableitung entlang des Auspuffschlauches**
- 5 Zirkulationspumpe (interner Kreislauf)**
- 6 Kühlmittel-Ausgleichsbehälter**
- 7 Wärmetauscher**
- 8 Thermostat**
- 9 Motorblockkühlung**
- 10 Kühlmittelrückleitung**

Innerer Kühlkreislauf

Der innere Kühlkreislauf hält die korrekte Betriebstemperatur des Motors; in ihm zirkuliert ein Gemisch aus Wasser und Kühlmittel. Das richtige Verhältnis (zum Beispiel 60% zu 40%) und das zugelassene Kühlmittel können der Betriebsanleitung entnommen werden. [Das Kühlmittel schützt den Motor nicht nur vor Frostschäden, sondern auch vor Korrosion und Kavitation.](#) Die Korrosionsschutzwirkung im Kühlmittel hält nicht dauerhaft an.



Deshalb sehen die Motorhersteller einen regelmässigen (in der Regel zweijährigen) Wechsel des Kühlmittels vor. Eine mangelhaft gewartete Kühlung ist die häufigste Schadensquelle am Yachtmotor.

Der innere Kühlkreislauf ist ein geschlossenes System, deshalb ist auf den korrekten Füllstand zu achten. Diesen erkennt man an den Markierungen des Kühlmittelbehälters:

Für die Dosierung des Kühlmittelflusses und damit der Wassertemperatur des inneren Kühlkreislaufes ist das Thermostatventil zuständig.

Die Funktion des Thermostates wird geprüft, indem man es ausbaut und mit einem Thermometer in ein wassergefülltes Gefäss legt. Nun muss man das Wasser erhitzen und feststellen, ob sich das Thermostat bei der in der Betriebsanleitung angegebenen Temperatur öffnet. Ist das nicht der Fall muss das Thermostat ausgetauscht werden.

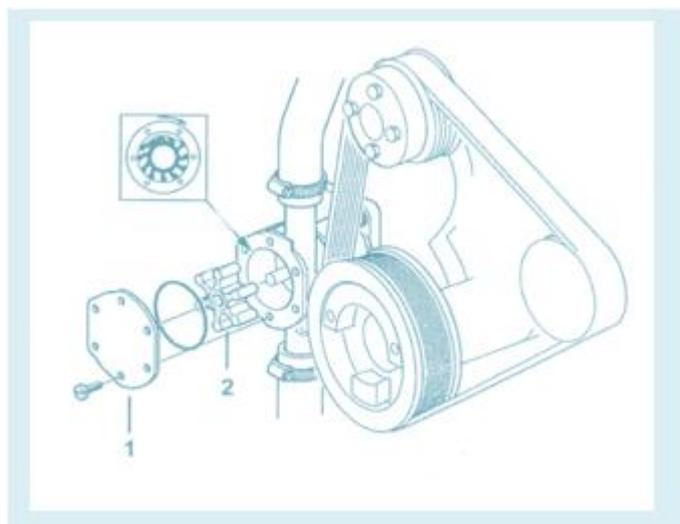
Äusserer Kühlkreislauf

Das Kühlwassergemisch des inneren Kühlkreislaufes trifft im Wärmetauscher auf das es kühlende Seewasser. Das Seewasser fliesst durch den äusseren Kühlkreislauf. Es wird über die Seewasserpumpe angesaugt, tritt über das Seewasserventil (*seacock / water intake*) ein, wird im Seewasserfilter (*seawater filter*) gereinigt, angesaugt durch die Seewasserpumpe mit dem Impeller (*impeller*) fliesst durch den Wärmetauscher (*heat exchanger*) und dann durch das Rückschlagventil (*anti-siphon valve*), um die Abgasleitung (*exhaust*) zu deren Kühlung zu begleiten und am Heck nach aussen auszutreten.

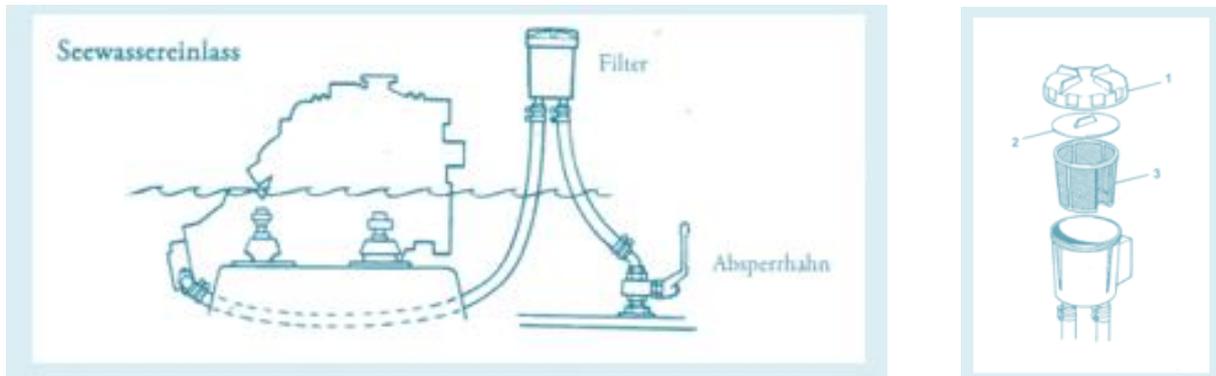
Die Seewasserpumpe benötigt den Impeller, ein Gummitteil, welches sich stark abnutzt und deshalb kontinuierlich zu kontrollieren ist. Sind bereits Teile des brüchigen Impellers abgefallen, können diese in den Kühlkreislauf geraten und bleiben am Eintritt zum Wärmetauscher hängen. Ein so verstopfter Wärmetauscher kann nicht mehr einwandfrei arbeiten; es kann zur Überhitzung kommen.

Der Impeller ist also regelmässig zu kontrollieren (2); ein neuer Impeller und ein neuer Dichtungsring für den Gehäusedeckel (1) gehören an Bord zum Ersatzteillaager. Nach Austausch des Impellers muss der äussere Kühlkreislauf entlüftet werden. Zudem muss der Wärmetauscher mittels Rückspülung (*back flushing*) gereinigt werden.

Auch die Schläuche und Schlauchschellen sind regelmässig auf Brüchigkeit bzw. festen Sitz zu überprüfen.



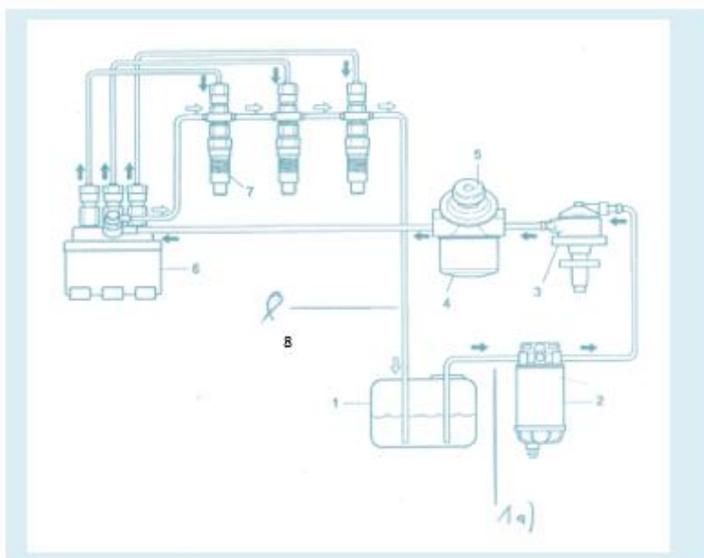
Zur Routinekontrolle gehört auch die Überwachung der Sauberkeit des Seewassersfilters. Dort sammelt sich zum Beispiel angesaugtes Seegras und verstopft ab einer gewissen Menge den Durchfluss des Seewassers:



Ein versehentlich geschlossenes Seewasserventil, eine Verstopfung des Seewassereintritts (zum Beispiel durch eine Plastiktüte), ein defekter Impeller und ein verstopfter Wärmetauscher sind mögliche Ursachen im äusseren Kühlkreislauf für eine Überhitzung des Motors.

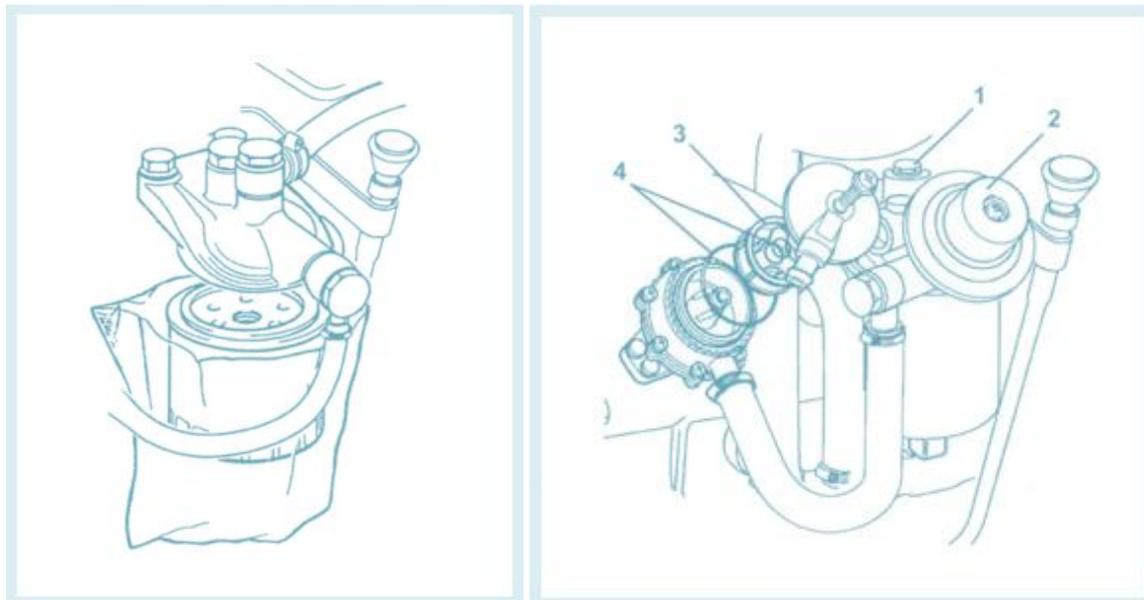
B32

Kraftstoffsystem



- 1 Dieseltank**
- 1a Brennstoff-Zufuhrleitung**
- 2 Diesel-Vorfilter**
- 3 elektrische Dieselpumpe**
- 4 Ölfilter**
- 5 Manuelle Dieselpumpe**
- 6 Einspritzpumpe**
- 7 Einspritzdüsen**
- 8 Brennstoff-Rückführleitung**

Beim Dieseltank befindet sich zumeist direkt am Anfang der Dieselleitung ein Hebel, mit dem man die Brennstoffzufuhr stoppen kann. Hat ein Boot mehr als einen Dieseltank gibt es noch einen weiteren Hebel, mit dem man die Treibstoffzufuhr umlegen kann. Zur Verbrennung darf nur sauberer Diesel in die Verbrennkammer kommen. Deswegen sind zwischen dem Brennstofftank und der Einspritzung ein Dieselvorfiler und ein Feinfilter montiert. Vorsichtige Eigner lassen auch zwei Dieselvorfiler in Reihe montieren. Die Filter sind von Zeit zu Zeit zu tauschen. Nach dem Tausch eines Dieselfilters muss die Dieselleitung entlüftet werden. Dazu öffnet man die Entlüfterschraube (befindet sich in der Regel auf dem Gefäss des Feinfilters) und betätigt die Handpumpe, bis Diesel ohne Luftblasen austritt:



Sollte trotz Betätigung der Handpumpe kein Diesel austreten, dann muss man den Vorfilter kontrollieren bzw. austauschen. Dazu sperrt man die Kraftstoffzufuhr am Tank und tauscht den Filter aus. Danach öffnet man die Zufuhr wieder und wiederholt den Entlüftungsprozess. Wenn auch dann noch kein Diesel am Motor ankommt, müssen die Hochdruckleitungen zu den Einspritzpumpen (Injektoren) geprüft werden. Man muss diese dann einzeln lösen, warten bis Diesel austritt und wieder befestigen. Vorsicht: Arbeiten direkt an der Einspritzpumpe sollte man Fachbetriebe überlassen – es besteht Lebensgefahr durch Treibstoff, der in die Blutbahn gespritzt werden könnte!

B37

Das Problem von Luft in der Dieselleitung kann auch entstehen, wenn wir den Tank leerfahren und das Einspritzsystem mangels Diesel Luft gesogen hat, bevor wir den Tank wieder aufgefüllt haben.

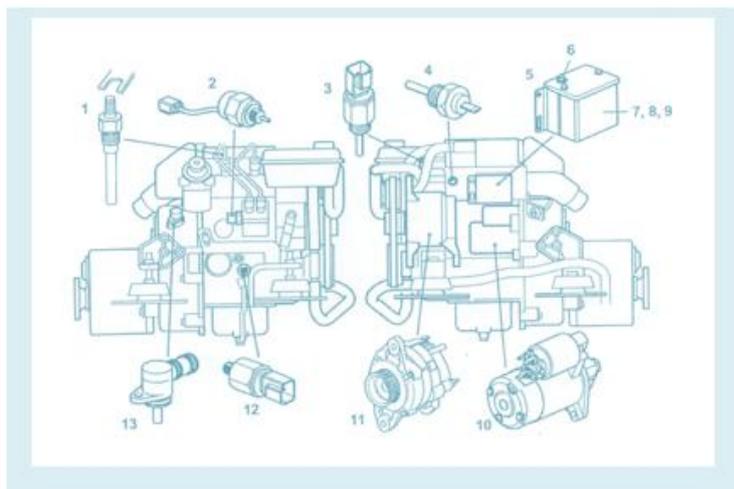
B35

Die Qualität des gebunkerten Diesels ist in verschiedenen Regionen unterschiedlich. **Verschmutzter Diesel führt, wenn die Filter überlastet sind zum Motorstillstand.** Um zu vermeiden, dass der Schmutz aus dem Tank in die Zuleitung gerät, war es früher üblich Diesel vom Haupttank in einen Tagestank manuell per Pumpe oder automatisch per Füllstandsensoren und Elektropumpe umzufüllen. Leider sind heutzutage nur noch wenige Yachten mit einem zusätzlichen Tagestank ausgestattet. Der Tagestank hat im Gegensatz zum meist flachen Haupttank eine hochkantige Form. Dadurch gelangt weniger Schmutz in die Dieselleitung; zudem sollte der Tagestank im Bodenbereich einen Sumpf haben, in der sich die Schmutzpartikel absetzen und dort über einen Ablasshahn entleerbar sind.

Auf grossen Yachten, die in Seeregionen mit unsicherer Dieselqualität verkehren, werden eigene Filteranlagen mitgeführt, durch die der Diesel beim Bunkern fliesst. Ausserdem wird empfohlen der bakteriellen Verschmutzung im Dieseltank (durch Mikroben, auch als „schwarze Pest im Tank“ bekannt) gerade bei längerer Standzeit des Bootes, durch den Zusatz von Mitteln vorzubeugen. Ein solches bewährtes Additiv, welches dem Diesel zugefügt wird, ist Grotamar 82.

Wichtig zu wissen ist, dass ein erheblicher Teil des dem Motor zugeführten Diesels nicht verbrannt wird und über eine Leitung in den Dieseltank zurückgeführt wird. Diese Rückführleitung ist ebenso wie die Zuleitung von Zeit zu Zeit auf ihre Dichtigkeit zu prüfen.

Elektrisches System



- 1 Zündkerzen**
- 2 Elektrischer Notstop**
- 3 Kühlmittel-Thermostat**
- 4 Kühlmittel-Temperaturfühler**
- 5 Elektro-Schaltbox**
- 6 Automatische Sicherung gegen Überspannung**
- 7 weitere Sicherung**
- 8 weitere Sicherung**
- 9 weitere Sicherung**
- 10 Anlasser**
- 11 Generator**
- 12 Öldruckfühler**
- 13 Drehzahlmesser**

Um den Motor zu starten, benötigt der Anlasser einen elektrischen Impuls. Diesen bekommt er über die Spannung der Starterbatterie. Die Starterbatterie sollte diesem Zweck vorbehalten sein, d.h. sie dient nicht der Versorgung von Verbrauchern. Für diese gibt es eine oder mehrere zusätzliche Batterien, [die über den Generator wieder aufgeladen werden, wenn der Motor läuft.](#)

B36

Beim Umgang mit Batterien ist grösste Vorsicht geboten. Batterien enthalten eine ätzende Schwefelsäure. Zum einen darf man mit dieser nie in Hautkontakt kommen; beim Austausch von Batterien oder der Reinigung ihrer Anschlüsse sind deshalb unbedingt Handschuhe und eine Schutzbrille zu tragen. Zum anderen sind Batterien hoch explosiv. Man muss sie vor direkten Wasserkontakt schützen, in ihrer Nähe offenes Feuer und Funkenflug vermeiden. Der Anschluss von Batterien erfolgt immer in der Reihenfolge: Erst rotes Batteriekabel (+) an roten Batteriepol (+) anschliessen, dann schwarzes Batteriekabel (-) an schwarzen Batteriepol (-) anschliessen; das Abklemmen der Batterie erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

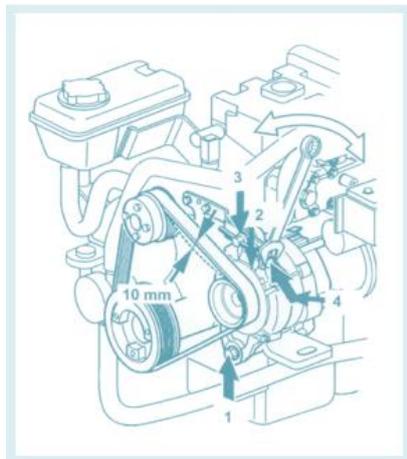
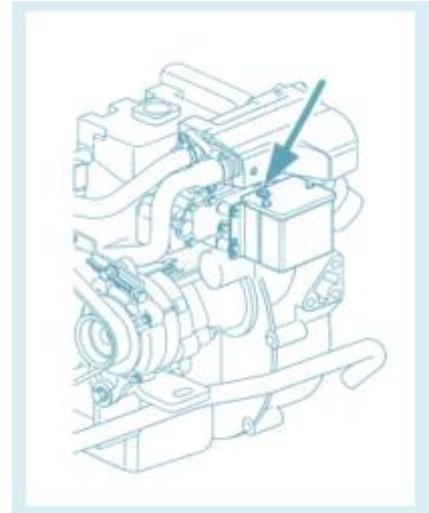
Moderne Batterien müssen nicht mehr – wie frühere - gewartet werden, das heisst das Nachfüllen mit destilliertem Wasser entfällt. Eine vollständige Entladung einer Batterie ist unbedingt zu vermeiden. Deshalb dürfen starke Verbraucher (elektrische Ankerwinde; elektrisches Pumpensystem; Tiefkühlung) bei abgeschaltetem Motor über die Bordspannung nicht betrieben werden. Natürlich kann man die Tiefkühlung wieder aktivieren, wenn man im Hafen vom Bordnetz auf Landstrom umgeschaltet hat, weil dies die Batterien nicht belastet. Ist die Starterbatterie komplett entladen oder zu schwach, dann gibt es die Möglichkeit den Motor mit einer Verbraucherbatterie zu starten; oft ist bauseits bereits eine Überbrückung zwischen zwei Batterien vorgesehen, die man dann aktivieren muss.

Zur Nutzung der Batterien muss der Hauptschalter eingelegt sein. Dieser ist mit dem positiven Pol der Starterbatterie verbunden. Er darf unter keinen Umständen ausgeschaltet werden, solange der Motor läuft, weil sonst der Generator Schaden nimmt.

Um eine Überspannung am Motor zu vermeiden ist dieser mit einer automatischen Sicherung ausgestattet. Falls sich der Motor nicht starten lässt, kann es sein, dass wir den Sicherungsknopf drücken müssen:

Die Glühkerzen müssen bei Dieselmotoren einige Sekunden vorglühen, bevor der Motor gestartet werden kann. Für das Vorglühen gibt es am Bedienpaneel einen Schalter. Zu langes Vorglühen gefährdet die Glühkerzen; sie sollten einmal im Jahr erneuert werden.

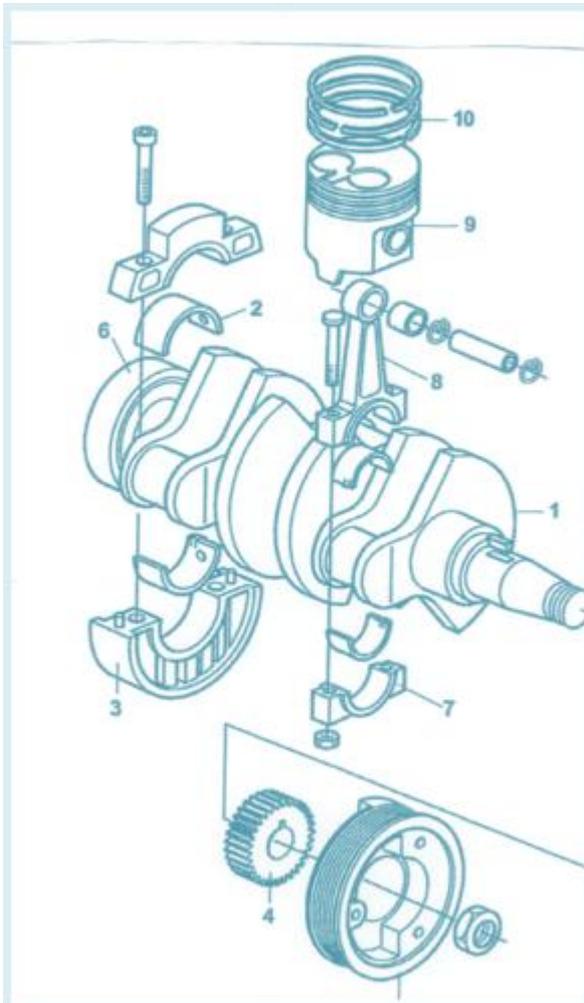
Lässt sich der Motor über das Bedienpaneel nicht mehr stoppen, kann man an der Einspritzpumpe mechanisch den Dieselauffluss stoppen. Zusätzlich zum Starterknopf am Bedienpaneel lassen sich auf Sicherheit bedachte Eigner unter Deck noch einen Notstartschalter einbauen.



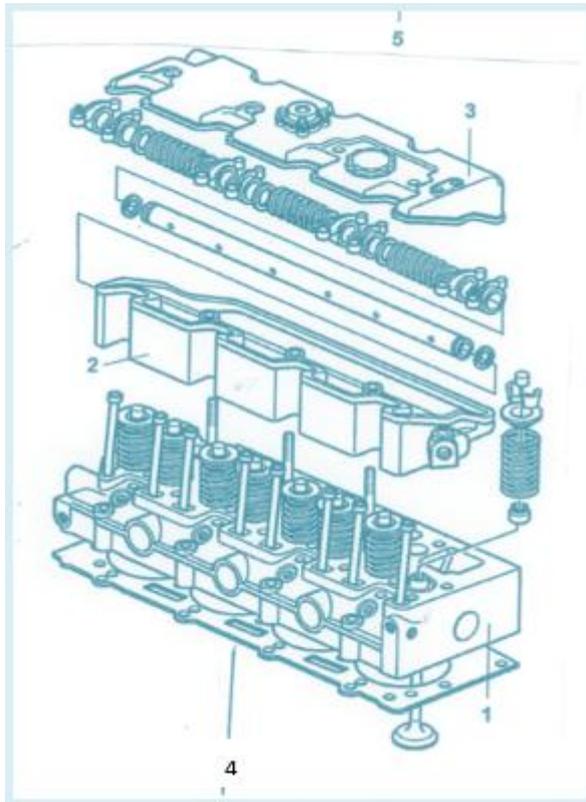
Über den Generator wird die Batterie wieder aufgeladen. Das funktioniert aber nur, wenn der Keilriemen korrekt aufgelegt ist. Man prüft die Keilriemenspannung deshalb ab und zu, indem man den Keilriemen mit der Hand bewegt; ein Spiel von 10 mm bzw. eine mögliche Drehung des Keilriemens bis zu 90° (bei den meisten Keilriemen) ist beruhigend, ansonsten muss die Spannung verändert werden (über die Schiene am Alternator) oder der Keilriemen ist zu erneuern.

Ein kürzerer zweiter Riemen verbindet den Antrieb mit dem Impeller (Salzwasserpumpe). Auch dieser ist von Zeit zu Zeit auf Abrieb zu kontrollieren.

Motorblock

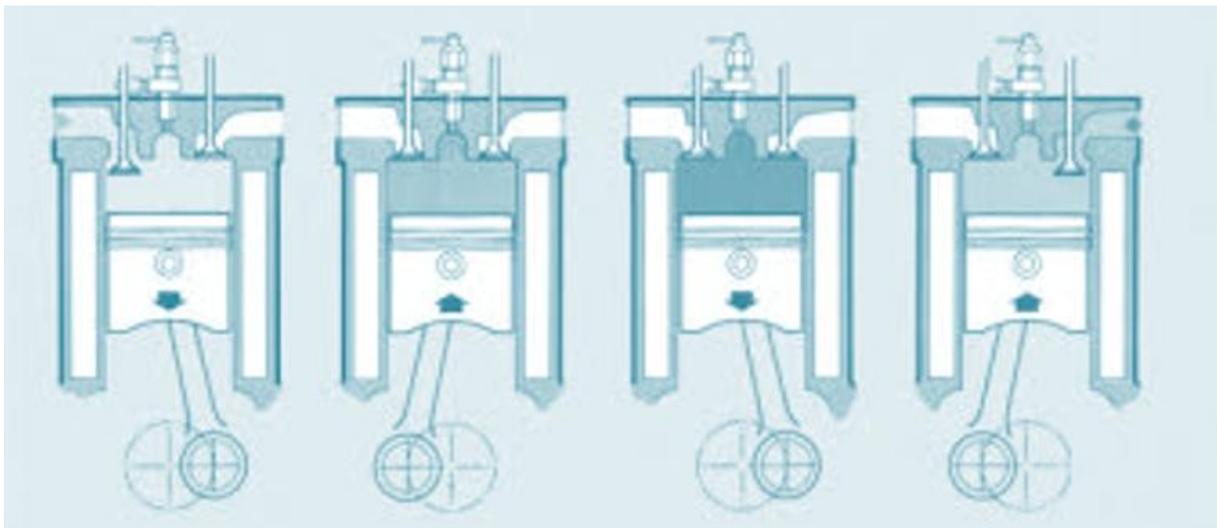


- 1 Kurbelwelle**
- 2 Kurbelwellenlagerschale**
- 3 Pleuellagerdeckel**
- 4 Zahnradkranz**
- 5 Keilriemenscheibe**
- 6 Flansch**
- 7 Pleuellager**
- 8 Pleuelstange**
- 9 Kolben**
- 10 Kolbenringe**



- 1 Zylinderkopf**
- 2 Ventildeckeldichtung**
- 3 Zylinderkopfhabe (Ventildeckel)**
- 4 Zylinderkopfdichtung**

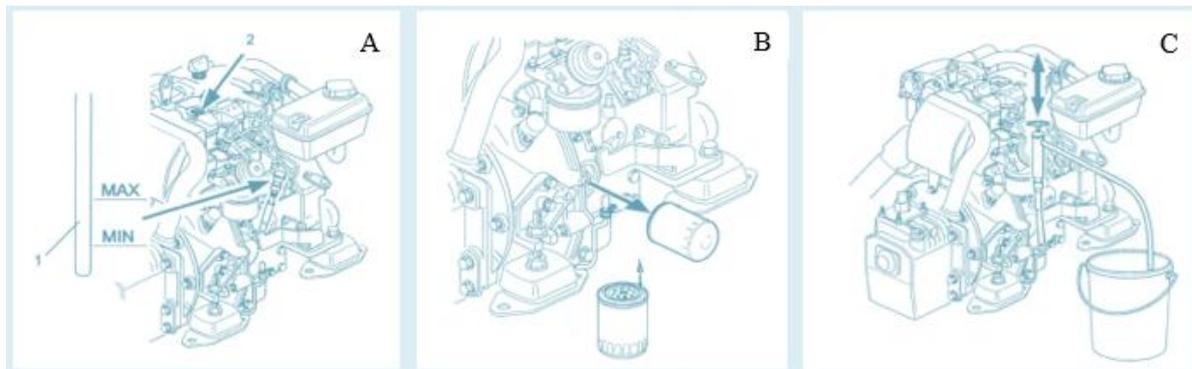
Ein typischer Vertreter klassischer Schiffsdiesel ist ein Reihenvierzylindermotor mit einer Verbrennung im Viertaktcrhythmus, wobei jeder Kolben im Takt „Induktion – Kompression – Explosion – Abgas“ arbeitet.



Schmiersystem

Die Schmierung der Kolben mit Motoröl richtiger Viskosität ist für die Wirkung und den Erhalt des Zylinderblocks ausschlaggebend. So ist zum einen immer der Ölstand mit dem Messstab zu kontrollieren (A), zum anderen muss mindestens einmal im Jahr oder nach 50-100 Betriebsstunden der Ölfiler ausgetauscht (B)

werden. Ein neuer Ölfilter beseitigt Russ und Schmutzpartikel im Öl. Zudem muss dann auch das Motoröl durch Neues ersetzt werden. Dazu lässt man den Motor warmlaufen, stellt ihn dann ab und pumpt das gesamte Öl mit der Absaugpumpe durch das Rohr für den Öl-Stab ab (C). Danach füllt man die richtige Menge Öl nach.



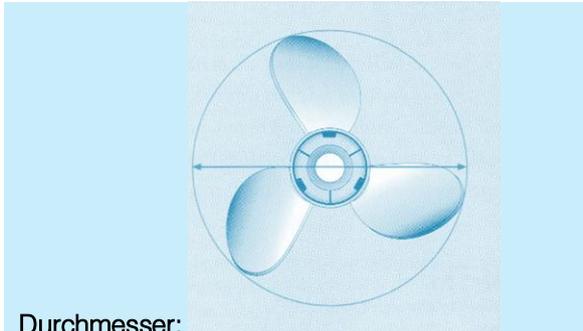
Antriebsarten

Für die Übertragung der Antriebskraft vom Motor bis zur Schiffschraube - dem Propeller - gibt es unterschiedliche Arten. Segelyachten besitzen in der Regel ein **Saildrive-System**; auch dieses ist regelmässig zu warten. Dazu gehört beispielsweise die Getriebeschmierung. Das geeignete Öl und die Dosierung können der Bedienungsanleitung entnommen werden.



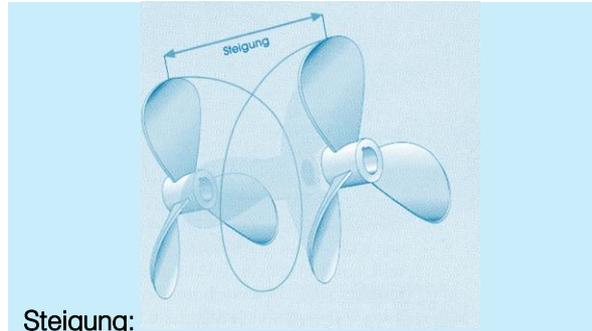
- 1 Elektrische Isolierung des Propellerschaftes als Korrosionsschutz
- 2 Kühlwassereingang
- 3 Anode
- 4 Getriebeschmierung
- 5 Kollisionsschutz im Fall von Gund- oder Treibgutberührung

Dem Propeller kommt die Aufgabe zu, die Antriebskraft in Fahrt durchs Wasser umzusetzen. Die Auswahl des geeigneten Propellers hängt vom Bootstyp ab und ist jeweils individuell zu berechnen. Für die Beschreibung eines Propellers gibt es zwei relevante Kenngrössen:



Durchmesser:

Grosse Propeller benötigen starke Motoren mit viel Drehmoment. Bei Verdrängern nutzt man üblicherweise immer den bauseits grösstmöglichen Propeller.



Steigung:

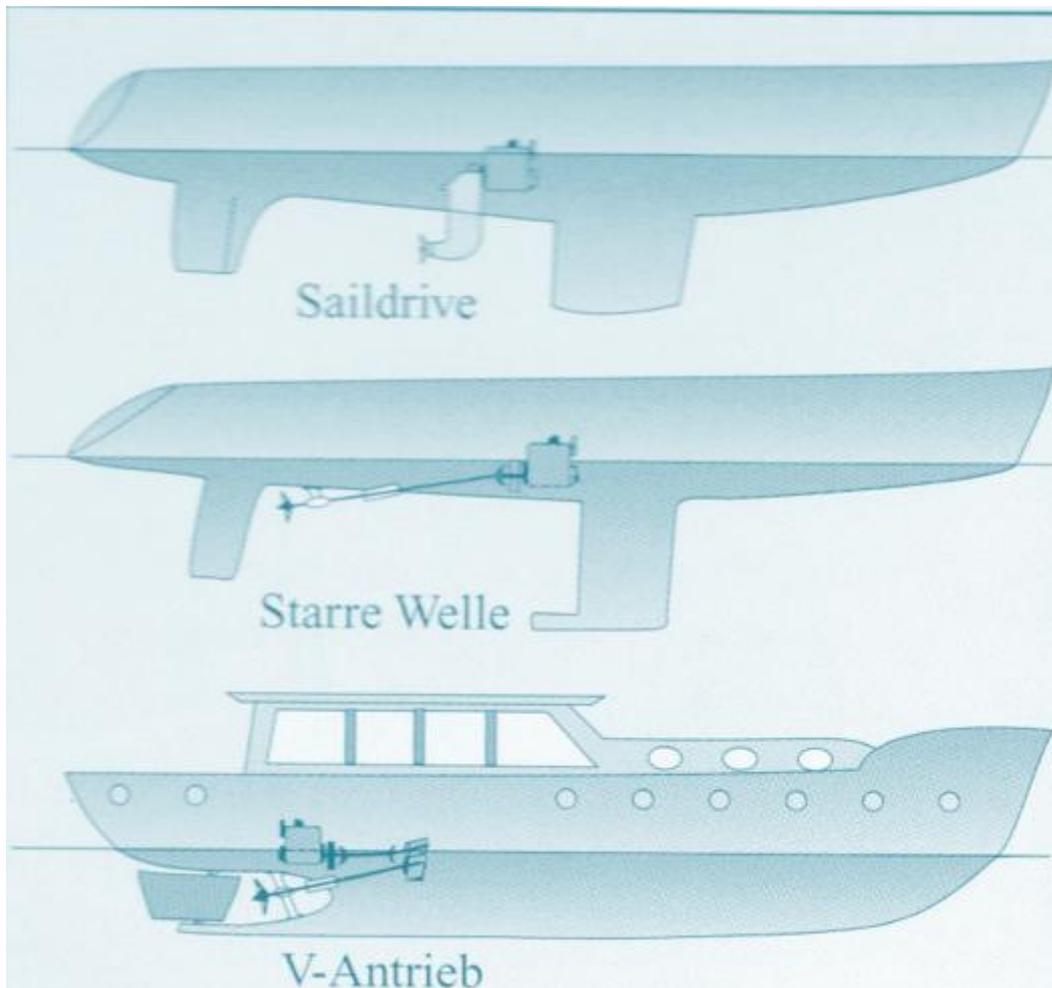
Je grösser die Steigung, desto schneller das Geschwindigkeitspotential des Bootes. Wegen der limitierenden Rumpfgeschwindigkeit bei Verdrängern haben diese meist Propeller mit geringerer Steigung.

Um dem Schiff durch den Antriebspropeller während des Segelns nicht die Fahrt zu nehmen ist der Gang bei Segelbooten mit einem **Faltpropeller** in die Rückwärtsfahrt-Stellung einzulegen, bei Segelbooten mit einer starren Welle in die Neutralstellung. Bei einigen Faltpropellern kann man zudem die Steigung der Flügel einstellen.

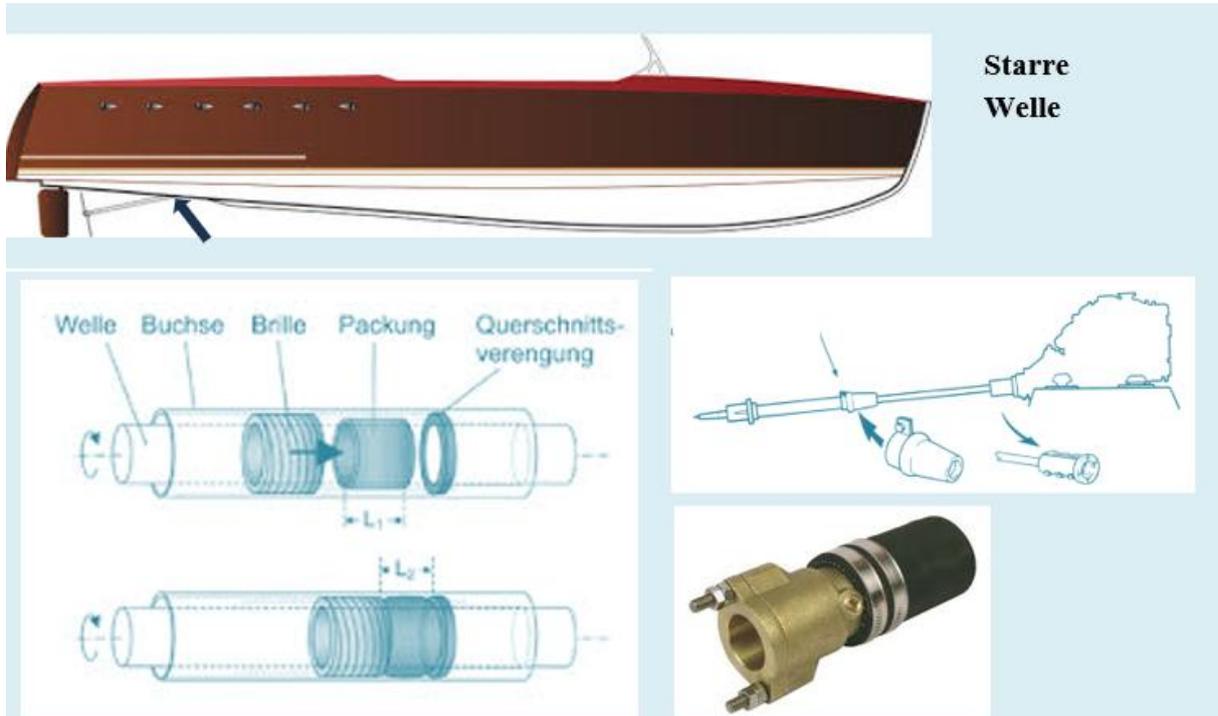


Ist es sogar möglich, die Flügel zu drehen, kann man, ohne die Maschine rückwärts laufen zu lassen, von der Vorwärts- in die Rückwärtsfahrt wechseln.

Motorboote verfügen in der Regel über eine **starre Welle** oder einen **V- bzw. Z-Drive**:



Boote mit starrer Welle haben am Schiffsaustritt die Stopf- bzw. Packbuchse, welche ab und zu auf ihre Dichtigkeit zu prüfen und circa alle 200 Betriebsstunden zu schmieren ist.

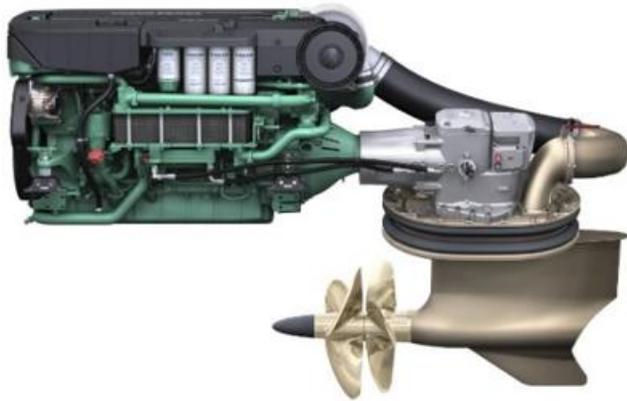


Boote mit V- bzw. Z-Drive entsprechen im Wartungsaufwand dem Saildrive.



Ein weiteres Antriebssystem ist das **IPS (Inboard Performance System)**. Das charakteristische Merkmal des IPS-Antriebs sind die nach vorne ausgerichteten, gegenläufigen Zugpropeller, die einen horizontalen Schub erzeugen. Die Antriebe sind im hinteren Teil des Hecks angebracht und direkt in den Rumpf integriert. Dieses System ist herkömmlichen Wellenanlagen oder Z-Antrieben hinsichtlich der Manövrierfähigkeit, des Bordkomfort und der Leistung überlegen. Hersteller, wie Volvo und Mercruiser, geben an, dass damit eine bis zu 20 Prozent höhere Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie eine bis zu 40 Prozent höhere Reichweite erzielt werden können.

Die IPS-Technologie ist für Yachten mittlerer Grösse geeignet. Sie basiert auf einem **Pod-Antrieb**, vergleichbar mit den Antriebssystemen von Fahrgastschiffen, den **Propellergondeln**. Auf grösseren Yachten findet sich zunehmend solche um 360° drehbare Propeller, welche die Yacht in Verbindung mit einem Querstrahlruder sehr gut manövrierbar machen.

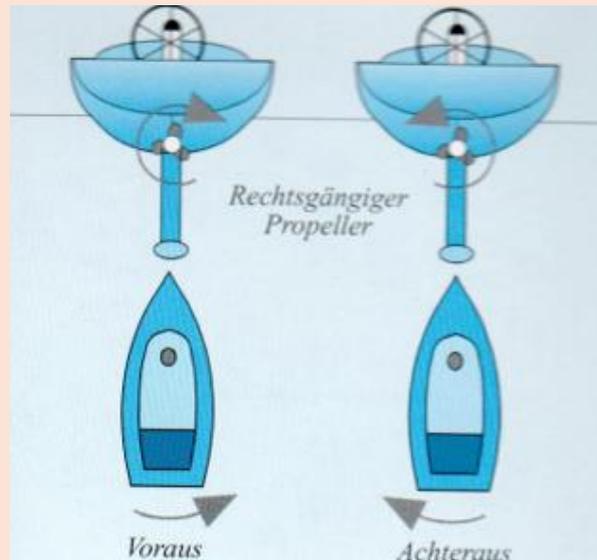


Querstrahlruder (thruster) werden auf Schiffen unterhalb der Wasserlinie quer zur eigentlichen Fahrtrichtung eingebaut. Sie erleichtern bei geringer Fahrtgeschwindigkeit das Manövrieren auf engem Raum. Dazu bedarf es eines rohrförmigen Durchganges durch die gesamte Schiffsbreite. In dem Rohr befindet sich ein Propeller, welcher es ermöglicht, je nach Einbauort, den Bug bzw. das Heck des Schiffs nach Backbord oder Steuerbord zu bewegen. Dies geschieht durch Änderung der Drehrichtung des Propellers. Angetrieben wird der Propeller durch einen im Schiff installierten Elektro- oder Hydraulikmotor.



Exkurs: Drehverhalten von Booten

- Unabhängig von der Art des Antriebes bricht ein Schiff in Vorwärtsfahrt mit dem Heck aus, wenn man Ruder legt. Diesen Effekt nennt man **Derivation**. Man muss dies bedenken, wenn man andere Yachten oder eine Mole dicht passieren möchte.
- Ein Langkieler dreht schwerfälliger als ein Kurzkieler (siehe Seite 6).
- Mit einem Saildrive-Antrieb verhält sich das Boot auch bei Rückwärtsfahrt neutral. Yachten mit starrer Welle oder mit V- bzw. Z-Drive leiden unter dem sogenannten **Radeffekt**. Ein rechtsgängiger Propeller dreht bei Vorausfahrt von achtern gesehen im Uhrzeigersinn, bei Achterausfahrt entgegengesetzt. Will man das Boot also durch Rückwärtsfahrt aufstoppen, dreht das Heck so stark nach Backbord, dass man kaum gegensteuern kann. Gerade bei Anlegemannövern muss man diesen Effekt mit einplanen. Es gibt also eine bevorzugte Seite zum Anlegen (Backbord) und eine Präferenz beim Wenden (über Backbord-Bug).



B26

B27

Fehlerbehebung bei Dieselmotoren

Der Motorüberhitzungsalarm ertönt

Drehzahl reduzieren, läuft das Kühlwasser gut?

Wenn dies der Fall ist, stellen Sie den Motor ab und überprüfen Sie Folgendes:

Der Riemen ist gerissen oder schlaff. Dies bedeutet, dass auch die Lichtmaschine nicht lädt. Überprüfen Sie daher die Batteriespannung.

Wie ist Ihr Kühlmittelstand?

Wenn der Kühlmittelstand niedrig ist, überprüfen Sie Ihre Schläuche, den Warmwasserbereiter und den Wärmetauscher – seien Sie vorsichtig, da das Kühlmittel brühend heiss sein wird.

Wenn nur wenig Wasser aus dem Auspuff fließt, stellen Sie den Motor ab und prüfen Sie Folgendes:

- Ist das Seewasserventil vollständig geöffnet?

- Sind das Sieb und die Dichtung frei von Luft-/Wasserlecks?
- Ist die Impeller-Frontplatte kühl oder fühlt sie sich heiss an?
- Sind die Schläuche im Seewassersystem weich oder beschädigt?
- Ist Ihr Antriebsriemen beschädigt oder nicht auf die richtige Spannung eingestellt?

Wenn alle oben genannten Punkte in Ordnung sind und normal funktionieren, handelt es sich wahrscheinlich um eine Plastiktüte. Starten Sie den Motor erneut und spüren Sie, ob die Frontplatte fast augenblicklich abkühlt und wie gewohnt Wasser aus dem Auspuff fliesst. Fahren Sie dann fort. Wenn nicht, ist möglicherweise der Impeller schadhaft und ein gebrochener Flügel blockiert nun den Wärmetauscher. Sie müssen den Impeller ersetzen und die losen Flügelteile (die sich wahrscheinlich an der Innenseite des Wärmetauschers befinden) ausspülen.

Warnleuchte/Alarm für Generatorladung

Stellen Sie den Motor sofort ab und untersuchen Sie, ob der Riemen beschädigt ist, der auch das Kühlsystem antreibt. Ihre wahrscheinlichsten Ursachen sind folgende:

- Es liegt ein Kurzschluss oder ein Verkabelungsfehler vor. Überprüfen Sie die Sicherungen.
- Die Stromzufuhr zu den Feldspulen des Generators ist unterbrochen. Überprüfen Sie dies mit einem Voltmeter.
- Die Lichtmaschine ist defekt.

Ölwarnleuchte/-alarm

Stellen Sie den Motor sofort ab und prüfen Sie:

- Befindet sich Motoröl in der Bilge?
- Können Sie Anzeichen dafür erkennen, dass ein Leck vorliegt?
- Wie hoch ist der Ölstand?
- Liegt ein Problem mit dem Öldruckventil vor?
- Möglicherweise eine defekte Sendeeinheit oder Verkabelung.
- Möglicherweise liegt ein schwerwiegender interner Fehler vor, beispielsweise ein Pleuellagerschaden oder ein kaputter Ölkühler. Es ist Zeit für die Profis.

Allgemeiner Leistungsmangel

- Möglicherweise öffnet das Zugkabel den Gashebel nicht vollständig.
Stellen Sie sicher, dass sich die Halteklammer am Motor nicht durch Vibrationen gelöst hat.
- Möglicherweise liegt eine Verstopfung in der Kraftstoffleitung oder beim Dieselfilter vor.
Überprüfen Sie diese auf Diesel-Bakterien.
- Möglicherweise haben Sie einen schmutzigen Rumpf oder Propeller.
- Möglicherweise rutscht die Propellerbuchse durch
(kein ungewöhnliches Problem bei einem Saildrive-Motor).
- Möglicherweise liegt ein Turbofehler vor oder es hat sich Schmutz angesammelt, der den Luftstrom behindert.
- Der Motor muss möglicherweise komplett überholt werden.

Übermässige Vibration, wahrscheinlich durch etwas im Übertragungssystem verursacht

- Auf beschädigte Motorlager prüfen.
- Lockere Wellenkupplung oder Anode.
- Möglicherweise handelt es sich um einen Lagerschaden.
- Ein beschädigter Propeller ist besonders dann wahrscheinlich, wenn ein Klapp- oder Drehpropeller montiert ist.
- Alternativ könnte es auch von einer verbogenen Propellerwelle stammen, insbesondere wenn Sie kürzlich eine Grundberührung hatten.
- Das Getriebe könnte beschädigt sein. Achten Sie auf Eisenspäne im Ölmesstab des Getriebes. Welche Farbe hat das Öl?
- Interner Motorschaden (z. B. Pleuellager), laut, aber nicht am Getriebe.

Weisser Rauch

- Wenn das Problem länger als ein paar Sekunden anhält, sollten Sie darauf achten; direkt nach dem Start ist es jedoch normal.
- Wenn der Motor unregelmässig läuft, befindet sich wahrscheinlich Wasser im Kraftstoff. Lassen Sie daher den Primärfilter ab bzw. ersetzen Sie ihn. Stellen Sie sicher, dass es sich nicht um eines der folgenden handelt:
- Ein gerissener Auspuffkrümmer.
- Zylinderkopfdichtung durchgebrannt, Wasser tritt aus den Kanälen in einen Zylinder aus.
- Rissiges Zylinderkopfgehäuse.

Schwarzer Rauch

- Haben Sie einfach zu viel Gas gegeben?
Genau wie ein Lastwagen, der einen Hügel hinauffährt.
- Haben Sie einen schmutzigen Rumpf oder schleppen Sie ein anderes Schiff (Überlastung des Motors)?
- Möglicherweise haben Sie einen zu grossen Propeller montiert. Der Motor wird Schwierigkeiten haben, ihn zu drehen (dasselbe passiert, wenn der Propeller zu stark geneigt ist).
- Wenn die Bootsgeschwindigkeit plötzlich sinkt, liegt wahrscheinlich ein Defekt am Propeller vor.
- Möglicherweise ist die Belüftung des Maschinenraums unzureichend.
- Verschmutzte Luftfilter können dazu führen, dass der Motor nicht mehr atmen kann.
- Möglicherweise liegt eine Verengung im Auspuff vor, die einen hohen Gegendruck verursacht. Überprüfen Sie, ob das Seewasserventil teilweise geschlossen ist und die Schläuche beschädigt sind.
- Möglicherweise liegt ein Turbofehler, defekte Einspritzdüsen oder die Hochdruckpumpe vor – überprüfen Sie zunächst alles andere, da dies Arbeiten für Profis sind.

Blauer Rauch

Sie verbrennen jetzt Öl, was ein grosses Problem darstellt. Überprüfen Sie Folgendes:

- Ist das Kurbelgehäuse überfüllt?
- Hoher Kurbelgehäusedruck kann auf eine verstopfte Entlüftung zurückzuführen sein. Überprüfen Sie, ob diese frei ist.

- Möglicherweise klemmt der Thermostat im offenen Zustand, das bedeutet der Motor ist zu kalt, ersetzen Sie den Thermostat.
- Möglicherweise sind die Ventildüsen verschlissen. Überprüfen Sie dies mit Ihren Fühlerlehren.
- Möglicherweise sind die Kolbenringe verschlissen oder festgefressen.
- Bei Ausfall der Turbodichtungen gelangt Öl in das heisse Abgas.

Der Motor dreht sich, springt aber nicht an

Die wahrscheinlichsten Ursachen sind:

- Ist der Trennschalter eingeschaltet? Haben Sie genug Treibstoff? Ist die Kraftstoff-Notabspernung geöffnet? Steht der Gashebel auf Neutral? Ist der Kill-Schalter vollständig eingesteckt und das Gaszugkabel richtig angeschlossen? Stopp-Magnetventil zurücksetzen? Wenn keines davon zutrifft, fahren Sie fort und prüfen Sie Folgendes:
- Niedrige Batteriespannung (Stellen Sie den Gashebel auf Neutral, lassen Sie den Propeller freilaufen und schieben Sie den Gashebel nach vorne, während Sie gleichzeitig versuchen, den Motor zu starten).
- Eine defekte Batterie
(ersetzen oder tauschen Sie sie für eine vorübergehende Reparatur aus).
- Schlechte elektrische Verbindungen
(mit einer Drahtbürste reinigen, festziehen und mit Vaseline oder ähnlichem isolieren).
- Ist der Luftfilter sauber?
(reinigen oder ersetzen, auf einer Segelyacht kann man es kurzzeitig ganz ausbauen).
- Beschädigter Trennschalter (durch einen Ersatzschalter ersetzen oder beide Kabelanschlüsse an denselben Anschlusspol auf der Rückseite des Schalters anschliessen).
- Defekter Anlassermotor
(prüfen Sie, ob er sich heiss anfühlt, wenn ja, dann zieht er zu viel Strom – ersetzen Sie ihn).
- Teilweise festgefressener Motor oder Getriebe (Zeit für eine professionelle Überholung).
- Kommt Kraftstoff zu den Einspritzdüsen? Versuchen Sie, eine Einspritzdüse ein wenig zu öffnen, während Sie versuchen, den Motor durchzudrehen. Wenn kein Diesel ausströmt, prüfen Sie, ob der Kraftstoffvorrat aufgebraucht ist, der Absperrhahn geöffnet ist, der Kraftstoff sauber ist und sich keine Luft im System befindet – möglicherweise liegt es an der Hochdruck-Einspritzpumpe und Sie müssen auf den Fachmann warten.

Motor springt nicht an

- Sie haben keinen Kraftstoff mehr oder der Kraftstoffabspernhahn ist möglicherweise nur teilweise geschlossen.
- Sie haben eine verstopfte oder teilweise verstopfte Kraftstoffleitung/einen Kraftstofffilter – Dieselfehler.
- Im Kraftstoff befindet sich Wasser.
- In der Kraftstoffleitung befindet sich Luft, meist verursacht durch einen Riss im Schlauch, eine lockere Verbindung oder eine undichte Dichtung – beseitigen Sie die Flüssigkeit.
- Das oben Genannte könnte auch durch eine Verstopfung in der Tankentlüftung verursacht werden, die zu einem teilweisen Unterdruck im Tank führt.
- Sie haben eine beschädigte Saugpumpe, möglicherweise eine gespaltene Membran.

- Sie haben ein schwerwiegendes internes Problem wie ein Loch im Kolbenboden, einen teilweisen Motorfresser (nach Ölverlust oder schwerer Überhitzung), eine gebrochene Feder in einem der Ventile (erwarten Sie viel Lärm), Probleme mit der Kraftstoffeinspritzpumpe oder um einen Turbodiesel (aus dem Auspuff steigt schwarzer Rauch auf). Dabei handelt es sich um Jobs für Profis neben der Arbeit in einer Werkstatt.

Mit dem nebenstehenden QR-Code kann man die [Checkliste «Fehlerdiagnose Motorprobleme»](#) abrufen:



Weitere technische Komponenten

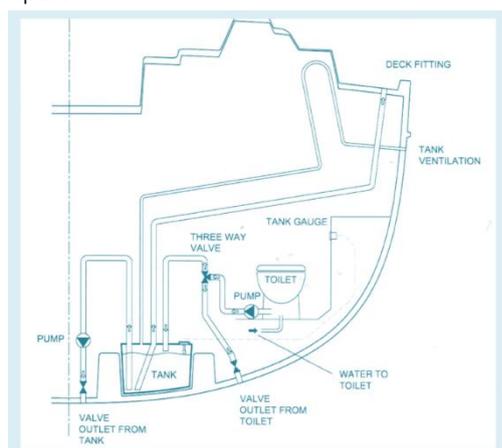
Frischwassersystem

Um ausreichend Frischwasser zu bunkern verfügt das Boot über einen oder mehrere Wassertanks. Eine Pumpe holt das Wasser aus dem Tank und setzt die Leitungen zwischen der Pumpe und den Verbrauchsstellen unter Druck. Auf dem Weg dahin passiert das Wasser einen Druckausgleichsbehälter, der für einen konstanten Druck von circa 0,8 bar sorgt. Es durchfließt einen Wasserfilter, der kontrolliert und bei Bedarf durch Auswaschen oder Austauschen der Filterpatrone gereinigt werden muss. Das Kaltwasser gelangt sodann an einen Verteiler (manifold), der es zu den unterschiedlichen Abnahmestellen führt. Eine Abnahmestelle ist der Warmwasserbehälter «Boiler» von dem dann wieder Leitungen zu den Abnahmestellen gehen.

Ist das Frischwasser verbraucht kann es im nächsten Hafen nachgefüllt werden. Die Füllstutzen finden sich an Deck und sollten bezeichnet sein, um eine Verwechslung mit dem Füllstutzen für den Treibstoff auszuschliessen. Im Gegensatz zum Betanken mit Kraftstoff ist ein Überlaufen des Wassertanks unkritisch.

Schmutzwassersystem

Schmutzwasser darf im Hafen und in Küstennähe nicht ins Meer entleert werden. Deshalb gibt es zur Zwischenlagerung den Fäkalientank. In der Nähe der Toiletten findet sich in der Regel ein Hebel; dessen Stellung entscheidet darüber, ob das Schmutzwasser direkt abgeleitet wird oder in den Tank fließt. Der Tank sollte spätestens drei Tage nach dem Beginn seiner Nutzung entleert werden - durch Ablassen, dort wo es erlaubt ist oder durch Absaugen im Hafen. Der Tankinhalt ist so aggressiv, dass selbst Edelstahltanks durchrosten. Nach der Leerung empfiehlt es sich den Tank noch einmal mit Frischwasser durchzuspülen.



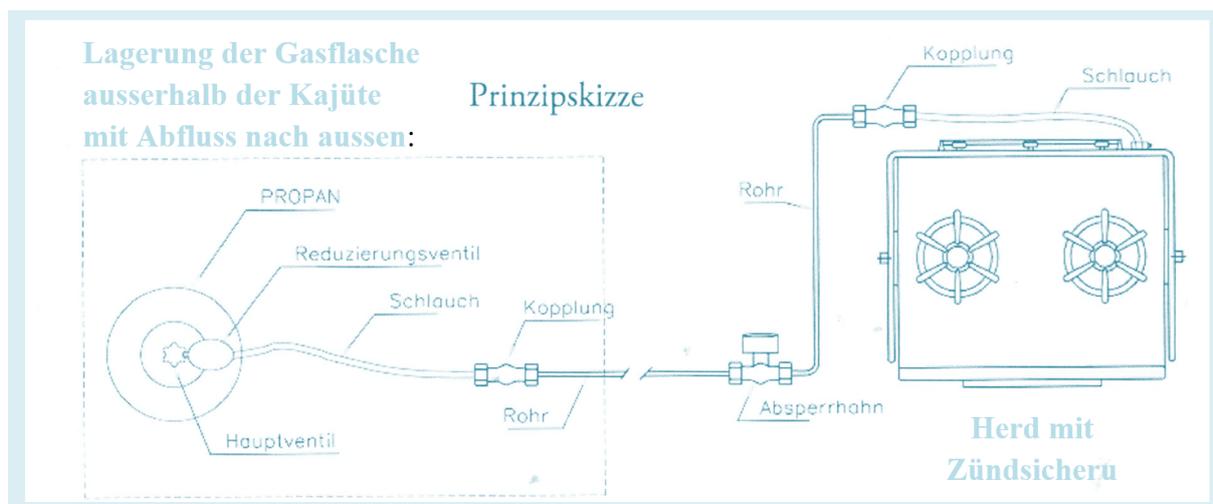
In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass die Abwasserleitungen nicht dafür ausgelegt sind Toilettenpapier zu entsorgen. Die Crew ist eindringlich zu instruieren kein Toilettenpapier, Binden o. ä. in der Toilette zu entsorgen, sonst kommt es zur Verstopfung. Zudem sollte die Toiletten nicht trockengepumpt werden; sie dürfen zudem nur mit Mitteln gereinigt werden, die die Gummidichtungen in den Ventilen nicht angreifen. Es wird empfohlen die Dichtungen ab und zu durch die Zugabe einiger Tropfen Essöl zu schmieren.

Lenzpumpen (bilge pumps)

Loses Wasser sammelt sich am tiefsten Punkt des Schiffes in der Bilge. Handlenzpumpen und elektrische Lenzpumpen saugen das Wasser von dort auf und befördern es ausserbord. Elektrische Lenzpumpen sind mit einem Filter versehen, der von Zeit zu Zeit gereinigt werden muss. Es gibt keine Anzeige für die Betriebssicherheit der Lenzpumpe, also bedarf es der regelmässigen Kontrolle.

Gaszufuhr

Gas wird in Flaschen geliefert; der Füllstand der Gasflaschen muss vor dem Auslaufen kontrolliert werden. Für deren Lagerung existiert ein dafür vorgesehenes belüftetes Lagerfach ausserhalb der Kajüte. Die Flaschen können hier sicher aufbewahrt werden. Von dort aus führt die Gasleitung zum Abnehmer (in der Regel dem Gasherd). Zum Zünden der Flamme ist das Regulierrad einzudrücken und mindestens eine Viertel Umdrehung nach links zu drehen; im eingedrückten Zustand ist das Gas anzünden, nach ca. 10 sec. braucht das Regulierrad nicht mehr gedrückt werden.



Gas ist ein explosives Gemisch und entzündet sich schnell, also bereits durch Funkenflug bei Inbetriebnahme eines Gerätes, Einschalten des Lichtes und erst recht beim Zünden eines Streichholzes. Es darf also auf keinen Fall in der Kajüte ausströmen. Ausgeströmtes Gas nimmt man zudem kaum wahr (sofern keine Gaswarnanlage installiert ist), weil Gas schwerer ist als Luft und sich deshalb am Boden (in der Bilge) sammelt. Dies macht es gefährlich. Gasflaschen dürfen also nie unter Deck aufbewahrt werden; auch keine scheinbar leeren Gasflaschen.

Alle Absperrventile müssen frei im Zugriff sein. Das Hauptventil an der Gasflasche muss geschlossen sein, wenn der Gasherd nicht in Betrieb ist. Dies gilt auch für leere Gasflaschen. Das zusätzliche Reduzierungsventil (Druckminderer) muss auf denselben Gasdruck eingestellt werden, wie der Herd (ist dort meistens auf der Rückseite angegeben). Auch der Absperrhahn am Herd muss ausserhalb der Nutzung geschlossen sein. Vor dem Öffnen des Hauptventils an der Gasflasche ist zu prüfen, dass der Absperrhahn am Herd geschlossen ist. Dieser wird nur geöffnet, um den Herd zu nutzen. Das Zünden des Gasherds erfolgt durch Knopfdruck. Die Zündung funktioniert mittels einer AA-Batterie, die ab und zu ausgewechselt werden muss.

Der Herd sollte zusätzlich eine Zündsicherung haben, d.h. dass die Gaszufuhr automatisch unterbrochen wird, wenn es ohne Flamme länger als eine halbe Minute ausströmt. Dass man das Boot nicht verlässt, solange der Herd in Betrieb ist, sollte selbstredend sein. Während des Betriebes sollten die Luken für einen guten Durchzug geöffnet werden. Die Gasleitung, die Kupplungen und die Ventile sollten wenigstens einmal im Jahr auf Leckage getestet werden; dies kann man am besten mit Seifenwasser machen.

Stromgeneratoren

Sobald der Landstrom als Energiequelle ausfällt, muss die Bordstromversorgung anders sichergestellt werden. Dazu dient primär die Batteriebank. Können die Batterien über längere Zeit nicht mehr aufgeladen werden, ist die kontinuierliche Energieversorgung gefährdet. Deshalb wird auf einem Törn in der Regel die Lichtmaschine auf dem Hauptmotor genutzt, um die Batteriebank zu laden, während der Motor läuft. Dem stehen der Lärm und die geringe Leistung der Lichtmaschine im Verhältnis zum Energieverbrauch des Motors gegenüber.

Eine Aufladung mit Solar- oder Windenergie ist wiederum wetterabhängig; Schleppgeneratoren funktionieren nicht beim Ankern. Deshalb sind Diesel-Generatoren eine weitere effektive Stromquelle, solange an Bord genug Treibstoff zur Verfügung steht. Der Generator bzw. die Generatoren müssen auf den Stromverbrauch ausgelegt sein. Es hilft eine Liste zu erstellen, in der alle Verbraucher an Bord (Leistungsaufnahme, tägliche Nutzungsdauer, Spannung) aufgeführt sind. Die klimatischen Bedingungen im Revier und die Länge der Törns sind ebenfalls relevant.

Sind nur wenige 240-Volt-Verbraucher an Bord kommt ein Gleichrichter (Gleichstrom) in Frage. Er erzeugt 12, 24 oder 48 Volt und lädt damit die Batteriebank. Verbraucher, die 230 Volt benötigen, werden dabei aus der Batteriebank über einen Wechselrichter (Inverter), der die Wechselspannung erzeugt, versorgt. Hat man viele und grosse elektrische Verbraucher an Bord (Kühl- und Gefriergeräte, Klimaanlage, etc.) eignet sich besser ein Wechselstromgenerator; dieser erzeugt 230 oder 400 Volt und versorgt die Abnehmer direkt. Natürlich kann ein Wechselstromgenerator auch zum Laden der Batteriebank genutzt werden, indem man das Landstromladegerät einfach an den 230-Volt-Ausgang des Generators anschliesst.

Wie die Hauptmaschine ist auch der Generator ölgeschmiert und sollte nicht bei extremer Krängung (> 15°) genutzt und auch nur in aufrechter Lage gestoppt werden.

Reparaturarbeiten und Winterlager

In den vorangegangenen Ausführungen haben wir uns mit den notwendigen Kontrollen vor dem Auslaufen zu einem Törn und mit den üblichen Wartungsarbeiten - zum Beispiel am Motor - beschäftigt. Bisweilen treten jedoch während des Törns Schäden auf, die wir in eigener Regie möglichst sofort beheben sollten, um potenzielle daraus resultierende Folgeschäden und Risiken zu vermeiden. Es schafft Unabhängigkeit, Sicherheit und hilft Fremdkosten sparen, wenn sich der Schiffsführer oder Crewmitglieder hierbei handwerklich einbringen können. Für längere Passagen in Seegebieten ohne vollständige Werft-Infrastrukturen ist ein gewisser technischer und handwerklicher Skill unter den Crewmitgliedern unerlässlich. Dabei fallen die Reparaturarbeiten in verschiedenen Bereichen an:

- Mechanik Motor, Antrieb, Ruderanlage, Rigg, Ankerkette, Winschen (siehe dazu auch: Kapitel 10 „Winschenbetrieb“)
- Elektrik Stromversorgung, Beleuchtung, elektronische Geräte
- Textile Arbeiten Segel, Tauwerk
- Bootsreparaturen Holz-, Kunststoff, Metallarbeiten

Man sollte die dazu hilfreichen technischen Beschreibungen und entsprechende Fachliteratur an Bord mitführen. Zudem bieten verschiedene Anbieter Kurse zur Motorkunde, zur Bordelektronik, zu Spleiss- und Takelarbeiten (siehe Seite 31) und zu GfK-Reparaturen etc. an.

Unabhängig von diesen situationspezifischen Reparationsarbeiten in der laufenden Bootssaison fallen zusätzlich einmal jährlich die mit der Einwinterung des Bootes im Zusammenhang stehenden Arbeiten an.

Die [Checkliste «Wartungsarbeiten»](#) gibt hierzu einen Überblick.



Einwinterungsarbeiten am Motor

Kommt das Boot in das Winterlager, müssen am Motor einige Eingriffe vorgenommen werden, dazu zählen das Abklemmen der Batterien (und deren trockene Lagerung an einem Ort mit Ladegerät), das Auffüllen des Dieseltanks (zur Vermeidung von Kondenswasserbildung), die Kontrolle aller Wasser- und Dieselleitungen auf Lecks, das Ablassen des Seewassers aus dem Kühlkreislauf (mit Süsswasser spülen und mit WG 40 auffüllen), das Entfernen des Impellers und der Ölwechsel, das Wechseln des Ölfilters und die Prüfung des Keilriemens. Ggf. muss auch die Opferanode ersetzt werden.

Einwinterung des Riggs

Je nach Möglichkeit bleibt der Mast im Winterlager gestellt oder er wird gelegt und auf dem Boot oder in einem Mastenlager deponiert. Letzteres ist zwar aufwendiger, aber auch sicherer, weil Mast und Boot nicht den Unwillen der Naturkräfte ausgesetzt sind. Bleibt der Mast stehen, muss man vor der nächsten Saison eine genaue Riggkontrolle auf Korrosionsschäden durchführen und sicherlich auch den Masttrimm neu justieren und dabei das stehende und laufende Gut in Augenschein nehmen.

Bei der Einlagerung des Mastes ist auf folgendes zu achten:

- Der Lagerort muss trocken sein.
- Das gesamte stehende Gut ist vom Mast abzunehmen, um eine Korrosion des Aluminium-Profiles durch Elektrolyse zu vermeiden. Deswegen sind auch die Drahtfallen aus dem Mast herauszuziehen. Beim Herausziehen der Fallen sind diese durch Pilotleinen zu ersetzen, die das spätere Wiedereinziehen erleichtern.
- Das gesamte Rigg ist mit Süsswasser und einem milden Spülmittel abzuwaschen.
- Fallscheiben, Traveller, Schot und Umlenklöcke sind auf ihre Leichtgängigkeit zu testen. Alle beweglichen Teile und Gewinde sind mit einem nicht harzenden, synthetischen Fett zu schmieren und das Mastprofil mit einem Paraffinöl oder Bootswachs zu schützen.
- Das stehende Gut ist mit einer Bürste zu reinigen, aber nicht einzufetten, da sonst die Segel in der nächsten Saison ihr „Fett“ abbekämen. Das laufende Gut ist in reinem Wasser oder mit einem milden Spülmittel in einem Behälter einzuweichen und durchzuspülen. Hartgewordenes und UV-geschädigtes Tauwerk sowie durch Schamfilen beschädigtes Tauwerk ist auswechseln.
- Die Wantenspanner sind mit Petroleum zu reinigen und sorgfältig mit synthetischem Fett einzuschmieren.
- Alle elektrischen Kontakte, Stecker und Lampen sind mit Kontaktspray einzusprühen und mit Isolierband schützen.
- Der Mast ist am Lagerort so abzustützen, dass er gerade liegt. Er darf keinen Kontakt mit anderen Masten bzw. stehendem Gut haben. Zwischen Mast und Auflagen legt man am besten Teppichreste.
- Am liegenden Mast sind die Salinge, die Salingaufnahmen, der Rodkicker, der Lümmelbeschlag, die Wantenaufhängung und alle sonstigen Beschläge (insbesondere alle T-Terminals, die Wantenspanner, Bolzen und Splinte) auf Ermüdungsrisse und Korrosionserscheinungen zu kontrollieren.

Die Stahldrahtlitze der Wanten haben im Neuzustand eine relativ hohe Dehnungsfähigkeit. Diese Dehnungsfähigkeit hat den positiven Effekt, dass sich der Draht unter Belastung dehnt und so die Endbeschläge entlastet. Im Laufe der Jahre verliert der Draht jedoch seine **Dehnungsfähigkeit**, deswegen muss ja auch von Jahr zu Jahr die Wantenspannung erhöht werden. Darum sollte das stehende Gut auf einer Fahrtenyacht erfahrungsgemäss nach 15 Jahren oder 25.000 gesegelten Meilen ausgetauscht werden. Bei einer Havarie, die das Rigg einer hohen Belastung ausgesetzt hat, sollte das gesamte stehende Gut natürlich vorsorglich sofort ausgetauscht werden.

Das laufende Gut bedarf vor Beginn der neuen Saison ebenfalls der Kontrolle. Verschleiss an Tauwerk erkennt man am „Ausfasern“ der Leinen; Verschleiss an den Drahtfallen an den sogenannten „Fleischhaken“. Schäden treten vermehrt an den Stellen auf, an denen Tauwerk in Stoppfern oder Klemmen belegt wird.

Gelcoat-Reparaturen

Ebenso typisch wie offensichtlich bei älteren Schiffen sind Risse und Gelcoatschäden an Deck. Das Gelcoat platzt gerne dort ab, wo sich darunter Luft befindet. Was eigentlich nicht sein dürfte, doch bei besonders engen Kanten oder Sülls ist es eben beim Laminieren schwierig, diese schmalen Stellen in der Form richtig zu erreichen und die Luft aus dem Laminat zu drücken und mit Harz zu sättigen. Doch solange an solchen aufgeplatzten Stellen noch keine Feuchtigkeit von aussen in das Laminat eingedrungen ist, kann

man es einfach reparieren, indem man die entsprechende Stelle rundherum etwas auffräst und sie anschliessend mit Gelcoat (auch Topcoat genannt) auffüllt und von aussen schleift und poliert. Sichtbar wird die Reparatur bleiben, denn die genaue Farbe der Umgebung zu treffen dürfte fast unmöglich sein.

Holz- und Lackierarbeiten

Viele im Bootsbau verwendete Bootsbauhölzer müssen wirksam vor Feuchtigkeit geschützt werden. Durch eindringendes Wasser kann es zu Fäulnis kommen und im Laufe der Zeit führt dies zu einer Instabilität des Werkstoffes. Durch das Aufbringen einer Klarlackschicht erhält man den gewünschten Schutz der Oberfläche vor den bekannten Umwelteinflüssen wie Salzwasser, UV-Strahlen, Regen und Wind.

Nach dem Auswassern reinigt man das Unterwasserschiff (mit dem Hochdruckreiniger) von Schmutz und Salz. Die alte schlechte Lackschicht muss durch Schleifen oder Abbeizen entfernt werden. Zur Behandlung muss das Holz trocken (< 12 % Feuchtigkeit) und in gutem Zustand sein. Beschädigte Partien sind vorher zu ersetzen. Nach einer groben Vorbehandlung (sorgfältig schleifen) muss die Oberfläche gründlich staub- und fettfrei gereinigt werden. Dafür braucht man den richtigen Platz in der Bootshalle! Dann entscheidet man sich für einen Klar- oder Decklack, der dann in mehreren Schichten aufgetragen und nach Aushärtung jeweils geschliffen und zuletzt poliert wird.

Das Teakdeck sollte mit Wasser gewaschen werden. Danach kann man mit einem Pinsel Boracol auftragen und drei Tage einwirken lassen. Die Lösung wird danach mit Wasser und milder Seife abgewaschen. Das Ölen oder Lackieren von Teak ist mit einem hohen Unterhaltsaufwand verbunden; Lackierungen vertragen zudem keinen Frost.