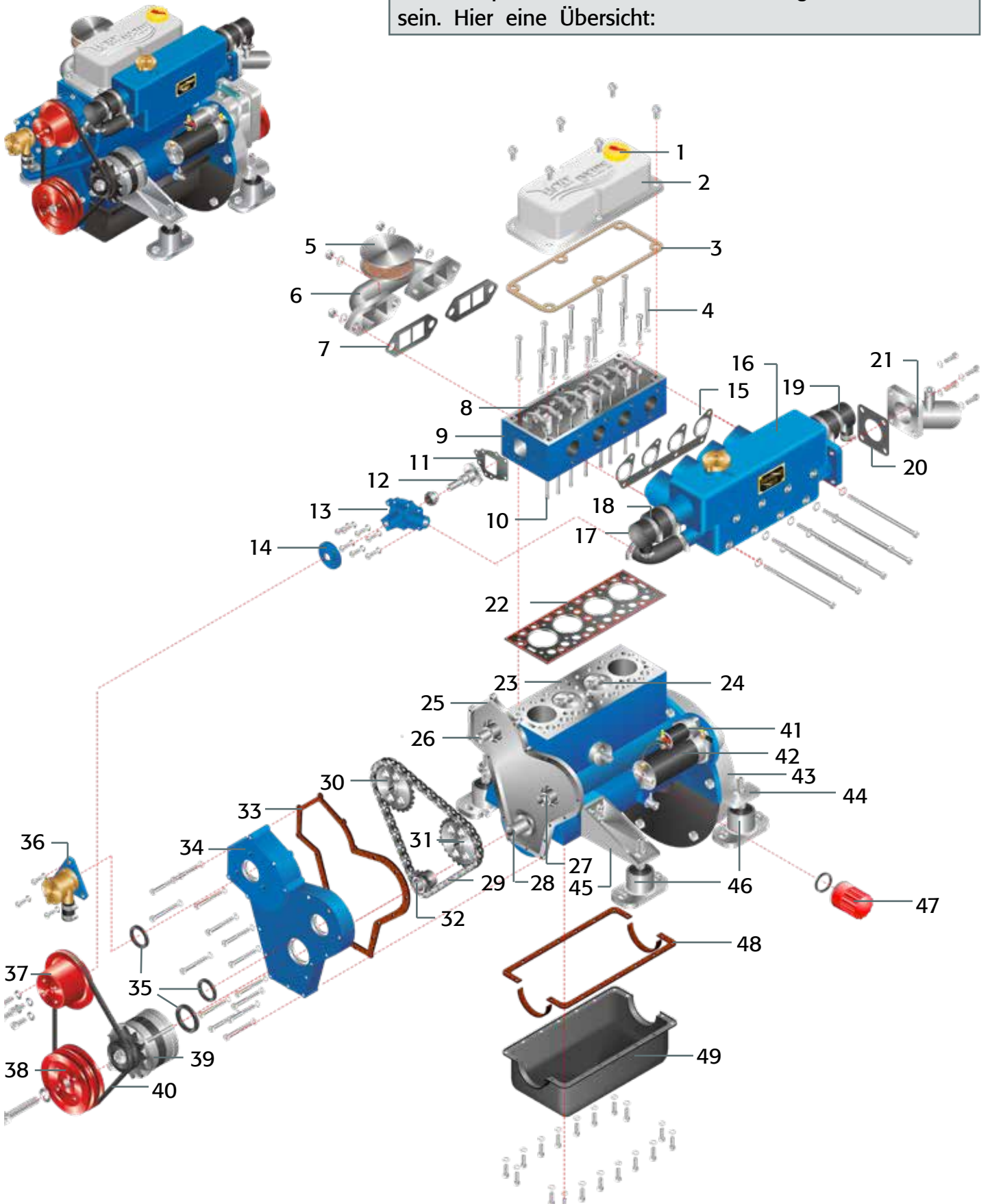


# Motor

## Teile und Namen

Namen sind zwar Schall und Rauch, aber Begriffe, mit denen man Teile eindeutig bezeichnen kann, können – zum Beispiel bei der Ersatzteilbestellung – sehr hilfreich sein. Hier eine Übersicht:



- 1 Deckel des Öleinfüllstutzens
- 2 Zylinderkopfhäube, auch Ventildeckel genannt
- 3 Zylinderkopfhäubendeckeldichtung (Ventildeckeldichtung)
- 4 Zylinderkopfschrauben. Meistens Dehnschrauben, die nur ein mal verwendet werden sollten. Werden mit einem vorgegebenen Drehmoment (oder Drehwinkel) in einer vorgegebenen Reihenfolge angezogen.
- 5 Luftfilter
- 6 Ansaugsammelrohr (Ansaugkrümmer)
- 7 Ansaugsammelrohrdichtung (Ansaugkrümmerdichtung)
- 8 Ventile, Kipp- oder Schleppebelwelle, Kipp- oder Schleppebel
- 9 Zylinderkopf
- 10 Stößelstangen - übertragen in Motoren mit unten liegender Nockenwelle die Bewegungen der Nocken auf die Kipphebel
- 11 Wasserpumpendichtung
- 12 Wasserpumpenwelle mit Impeller
- 13 Wasserpumpe
- 14 Wasserpumpenriemenscheibenflansch
- 15 Abgassammelrohrdichtung (Abgaskrümmerdichtung oder auch nur Krümmerdichtung)
- 16 Kombikühler - kombiniertes wassergekühltes Abgassammelrohr - Wärmetauscher - Ausgleichsbehälter. Gibt es auch als separate Bauteile.
- 17 Vordere Endkappe des Wärmetauschers
- 18 Darin befindet sich das Rohrbündel des Wärmetauschers
- 19 Hintere Endkappe des Wärmetauschers
- 20 Dichtung für Abgas-Seewasser-Einspritzung
- 21 Abgas-Seewasser-Einspritzung
- 22 Zylinderkopfdichtung
- 23 Motorblock
- 24 Kolben
- 25 Steuergehäuse - enthält die für die Motorsteuerung nötigen Elemente
- 26 Einspritzpumpenwelle
- 27 Nockenwelle
- 28 Kurbelwelle
- 29 Steuerkette (alternativ: Steuerriemen aus Gummi oder Zahnräder)
- 30 Einspritzpumpenkettensrad (-ritzel)
- 31 Nockenwellenkettensrad (-ritzel)
- 32 Kurbelwellenkettensrad (-ritzel)
- 33 Steuergehäusedichtung
- 34 Steuergehäusedeckel
- 35 Wellendichtringe (Simmerringe)
- 36 Seewasserpumpe
- 37 Wasserpumpenriemenscheibe
- 38 Kurbelwellenriemenscheibe
- 39 Lichtmaschine
- 40 Keilriemen
- 41 Magnetschalter - Relais für den Startermotor
- 42 Starter (Anlasser)
- 43 Getriebeanschlussgehäuse, oder auch nur Anschlussgehäuse (Schwungradglocke)
- 44 Hintere Motorstützen
- 45 Vordere Motorstützen
- 46 Schwingmetalle, Motorlager
- 47 Ölfilter mit Dichtring
- 48 Ölwannendichtung
- 49 Ölwanne

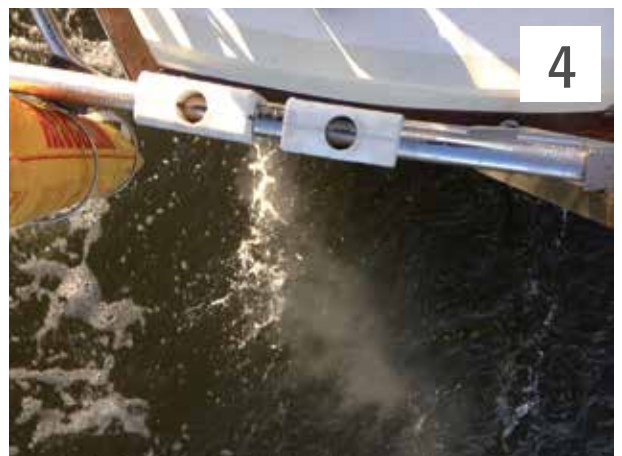
# Motor

Motoren wurden dann mit der sogenannten Leistung B angeboten und verkauft, die halt mit ein wenig Schwarzauch verbunden war, aber auch nur 10 Minuten innerhalb einer Stunde gefahren werden durfte. Letzteres wurde nicht sehr weit publiziert. Heutzutage ist diese Praxis illegal.

## Raucharten

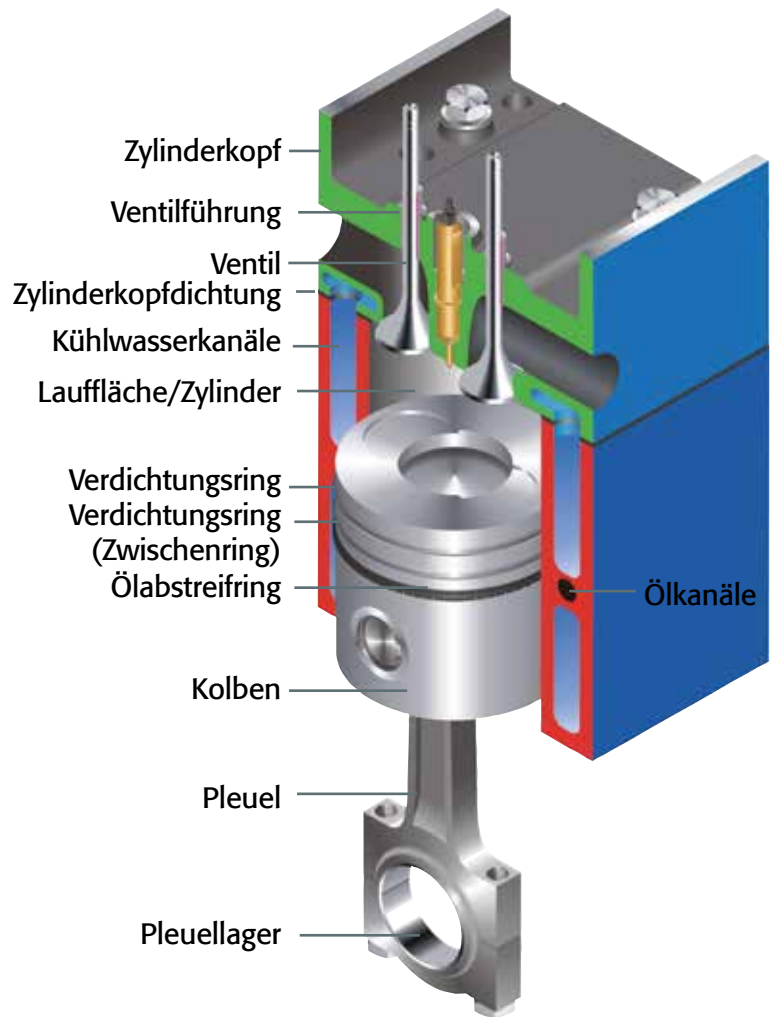
Allgemein werden in Bezug auf Motorabgase drei bis vier Raucharten unterschieden - vier, wenn man Wasserdampf mitzählt. Die drei „wirklichen“ Raucharten sind:

- Blaurauch (1), eine Mischung von Nebeltröpfchen aus unverbranntem Motoröl. Je nach Zustand des Öls kann die Farbe von weiß bis dunkelgrau variieren, oft mit einem leichten Stich ins Blaue. Blaurauch wird rein optisch von Laien - und nicht selten von Fachleuten - mit Weißrauch (Nebeltröpfchen aus Dieseldieselkraftstoff) verwechselt. Mit einer halbwegs funktionierenden Nase ist eine Zuordnung in der Regel leicht: Blaurauch riecht leicht fettig nach Öl, Weißrauch beißend nach Diesel.
- Schwarzauch (2) besteht aus „angebrannten“ Molekülresten von Dieseldieselkraftstoff, das heißt, Kohlenwasserstoffe in Verbindung mit unverbranntem Kohlenstoff (Ruß). Er entsteht, wenn Dieseldieselkraftstoff mit zu wenig Sauerstoff, also unvollständig, verbrannt wird - charakteristischerweise bei Überlastzuständen von Dieselmotoren. Schwarzauch enthält in der Regel polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), die als potenziell krebsauslösend eingestuft sind.
- Weißrauch (3) besteht aus vernebeltem unverbranntem Diesel. Er entsteht immer dann, wenn Dieseldieselkraftstoff in den Brennraum gespritzt wird, dort aber nicht entzündet.
- Wasserdampf (4) ist zwar auch weiß, verfliegt jedoch rasch über dem Wasser und riecht nicht auffällig. Von allen Rauch- und Dampfarten ist er der ungefährlichste, kann jedoch, wenn nicht beachtet, unter bestimmten Umständen ebenfalls zu teuren Schäden führen.



## Blaurauch

Blaurauch bildet sich, wenn Motoröl mit heißen Abgasen oder Motorteilen in Verbindung gerät und nicht verbrennt. Es gibt nur wenige Blauchaucharten - in der Regel entsteht dieser erst, wenn bereits ein gravierender Schaden im Motor vorliegt. Blauer Rauch - der bei genauer Betrachtung farblich eher irgendwo zwischen weiß, grau und einem leichten Stich blau liegt - ist in der Mehrzahl der Fälle auf unverbranntes Öl zurückzuführen, das im Brennraum oder den Abgasleitungen verdampft und in kleinsten Tröpfchen aus dem Auspuff austritt. Mögliche Quellen dafür gibt es reichlich. Beginnen wir mit den Kolben und Kolbenringen: Bereits im normalen Leerlaufbetrieb wird durch die Bewegung des Kolbens bei jedem Hub eine kleine Menge Öl in den Brennraum befördert. Dies soll theoretisch vom Ölabbstreifring des Kolbens wieder mit nach unten genommen werden, dies funktioniert jedoch im Leerlauf mangels Gegendruck aus dem Brennraum eher schlecht. Nach längeren Leerlaufzeiten kann daher bei der ersten Belastung des Motors eine weiß-blaue Wolke aus unverbranntem Motorenöl aus dem Abgasauslass entweichen, was bei geeigneten Wetterlagen zu Schlieren auf dem Wasser führen kann. Dieser Effekt tritt deutlich verschärft auf, wenn fortgeschrittener Verschleiß im Bereich Kolben - Zylinderlauffläche - zum Beispiel Bore Polishing/Glazing - vorliegt. Riefen durch Ölangel oder Überlastung („Fresser“, siehe Foto) erhöhen ebenfalls die Ölmenge im Brennraum und können ebenfalls zu vermehrtem Blauchauch beitragen. Ebenso festsitzende oder verschlissene Kompressions- oder Ölabbstreifringe, die nicht nur die Kompression und damit die allgemeinen Laufeigenschaften des Motors beeinträchtigen, sondern in der Regel auch für zusätzliches Öl im Brennraum sorgen. Verschleiß tritt in älteren Motoren auch in den Ventileführungen auf. Hier nimmt das Spiel zwischen Ventilschaft und -führung mit dem Alter des Motors zu, so dass über diesen Weg Schmieröl aus dem Zylinderkopf in den Brennraum gelangen kann.



Riefen in der Zylinderlauffläche erhöhen die Menge des Öls im Brennraum bei gleichzeitig nachlassender Kompression.

# Kraftstoffsystem

erfolgt, sieht dies in Common-Rail-Systemen vollkommen anders aus. Hier wird lediglich der Druck in der Pumpe erzeugt - davon jedoch reichlich, etwa das zeh- bis zwanzigfache im Vergleich zu einer Reiheneinspritzpumpe -, Kraftstoffmenge und Einspritzzeitpunkt werden in den elektronisch gesteuerten Einspritzdüsen geregelt, die hier Injektoren genannt werden. Pumpe und Injektoren sind kraftstoffmäßig durch ein gemeinsames Leitungssystem (englisch „Common Rail“) verbunden, das gleichzeitig als Druckspeicher dient. Dieses System hat sich im Fahrzeugbereich mittlerweile vollständig durchgesetzt, da es die Möglichkeit bietet, den Einspritz- und damit Verbrennungsvorgang bei hohen Drücken sehr präzise zu steuern - damit lassen sich die für den Fahrzeugbereich geltenden Abgasvorschriften erfüllen. Im Yachtbereich finden sich derzeit jedoch erst wenige Exemplare dieser Anlagen.

Das vierte - von Bosch in Verbindung mit Volkswagen 1998 zur Serienreife entwickelte - System konnte sich hingegen nicht durchsetzen. Bei dem sogenannten „Pumpe-Düse-System“ ist jedem Zylinder eine Einspritzpumpen-Düsenkombination zugeordnet, eine zentrale Einspritzpumpe entfällt. Durch die beschränkte Regelbarkeit dieser Pumpe-Düse-Elemente war es sehr aufwendig bis unmöglich, die Motoren zu einem kultivierten Laufverhalten zu bringen, zudem war das System teurer als die herstellerübergreifend eingesetzten Common-Rail-Systeme. Seit 2008 werden diese Systeme daher - trotz deren unbestrittenen technischen Vorteile - auch bei der Volkswagen AG durch Common-Rail-Anlagen ersetzt.

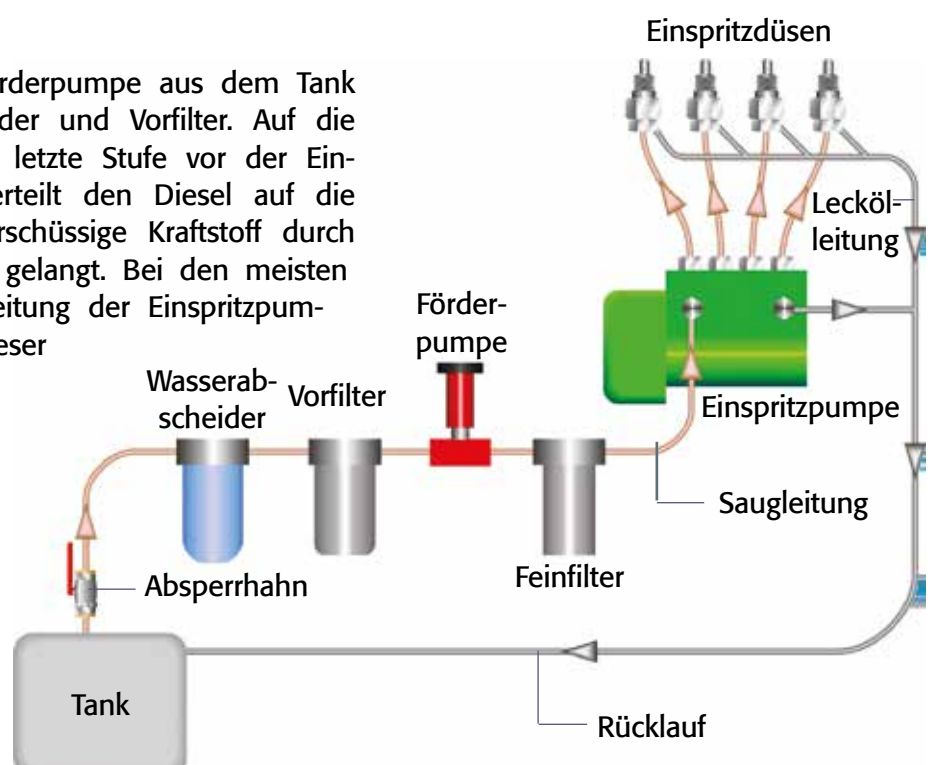
## Kontrolle

Leitungen, Anschlussstellen und Filter sollten regelmäßig auf Dichtheit kontrolliert werden. An den Saugleitungen tritt im Fall einer kleinen Leckage kaum Diesel aus; manchmal findet man nur eine feuchte Stelle, meistens im Bereich einer Verschraubung oder eines Übergangs von Metall- auf Schlauchleitung.

## Der Weg des Diesels

Der Diesel wird von der Kraftstoffförderpumpe aus dem Tank gesaugt und passiert Wasserabscheider und Vorfilter. Auf die Förderpumpe folgt der Feinfilter als letzte Stufe vor der Einspritzpumpe. Die Einspritzpumpe verteilt den Diesel auf die Einspritzdüsen, von denen der überschüssige Kraftstoff durch die Leckölleitungen in den Rücklauf gelangt. Bei den meisten Einspritzpumpen ist die Entlüftungsleitung der Einspritzpumpe mit dem Rücklauf verbunden. Dieser mündet schließlich im Tank.

Wasserabscheider, Vorfilter, Feinfilter und Einspritzpumpe sind in der Regel mit Entlüftungsschrauben versehen. Mit der Handpumpe können jedoch nur die Elemente auf der Druckseite der Förderpumpe entlüftet werden. Dabei müssen alle Entlüftungen auf der Saugseite der Pumpe geschlossen sein.



Selbst wenn wir es hier nur mit einem klitzekleinen Loch zu tun haben, wird Luft angesaugt, und Motoren ohne selbstentlüftende Einspritzpumpen bleiben dadurch irgendwann stehen. Motoren mit selbstentlüftenden Anlagen reagieren mit Drehzahlschwankungen auf geringe Mengen Luft in der Saugleitung. Eine Sonderstellung nehmen Lecks in den Saugleitungen im Tank ein. Diese sind sehr schwer zu diagnostizieren und sorgen für jahrelanges Kopfzerbrechen, treten zum Glück jedoch nicht allzu häufig auf.

## Wartung

Etwa einmal im Jahr sollte man den Tank öffnen und sich den Inhalt, vor allem im unteren Bereich, kritisch anschauen. Die beste Gelegenheit dazu ist, wenn der Tank fast leer gefahren ist und Wände und Boden sichtbar sind. Findet man hier Wasser, muss dieses vollständig aus dem Tank entfernt werden. Erstens ist Wasser einer der Hauptfeinde von Einspritzpumpen, und zweitens bildet es einen idealen Nährboden für den so genannten „Dieselpilz“, Mikrobenkulturen, die sich in den Wassertropfen unter günstigen Temperaturen stark vermehren und das gesamte Treibstoffsystem befallen können.

Findet man eine schleimig weiße bis dunkelgrau-braune gallertartige - in späteren Stadien auch zähflüssige - Substanz, ist dies schon geschehen. Diese Verkeimung des Tankinhalts erfordert jedoch Maßnahmen, die weit über die turnusmäßige Wartung hinausgehen. Mehr zu den Ursachen, der Vorbeugung und der Beseitigung des Mikrobenbefalls später.

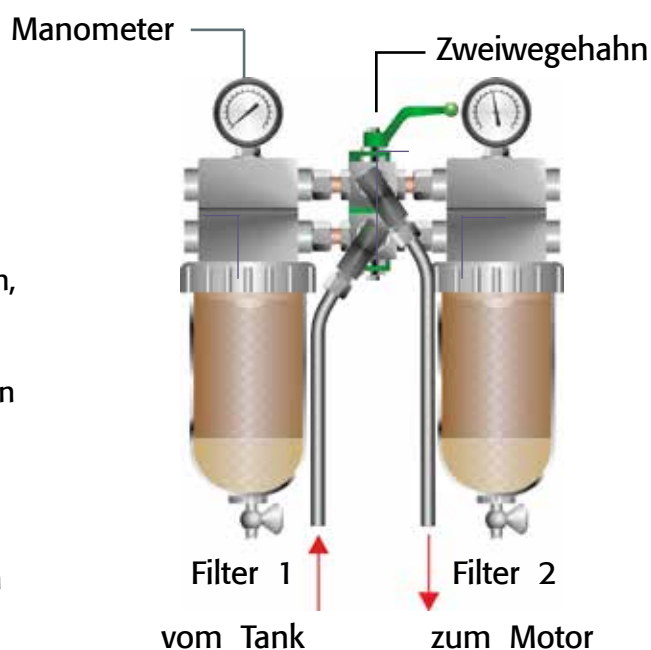
Tanks selber sind nur in den seltensten Fällen undicht; trotzdem sollte man vor allem alte Tanks aus unlegiertem Stahl auf feuchte Stellen untersuchen. Leichter Rost im Tankinneren ist jedoch in der Regel unbedenklich. An Tanks aus nicht rostenden Stählen sind die Schweißnähte die Schwachstellen. Besonders von Innen werden sie gelegentlich nach dem Schweißen nicht gebeizt und korrodieren nach einigen Jahren. Diese Korrosion beginnt meist nur an einer

---

## Doppelfilteranlagen

In der Berufsschiffahrt sind Doppelfilteranlagen vorgeschrieben, die bei laufendem Motor umgeschaltet werden können. Mittels zweier Zweiwegehähne (oder eines doppelten Zweiwegehahns) kann der Kraftstofffluss von einem auf den anderen Filter geschaltet werden. Befindet sich keine Luft in den Filtern, läuft der Motor durch, ohne zu „mucken“.

Der jeweils stillgelegte Filter kann gewechselt werden, ohne dass der Motor abgestellt werden muss. Um einen reibungslosen Übergang zwischen den Filtern zu erreichen, muss jedoch gewährleistet sein, dass der frisch gewechselte Filter entlüftet ist. Dies ist auf Yachten in der Regel jedoch technisch mangels geeigneter Pumpen unmöglich. Ausnahme: fertig konfektionierte Filteranlagen speziell für diesen Zweck, bei denen jede Filterkonsole mit einer geeigneten Handpumpe ausgestattet ist. Sind die Filter mit einem Manometer ausgestattet, kann der Filterwechsel genau „nach Bedarf“ erfolgen



# Kühlsysteme

## Seewasserpumpenteile

Dargestellt am Beispiel einer direkt angetriebenen 3/4-Zoll-Pumpe mit Gleitringdichtung.

### Pumpenantrieb

Kann an Bord oft nicht weiter zerlegt werden, da die Wellenlager bei einigen Pumpen eingepresst sind

### Pumpenwelle

Muss unter Umständen erneuert werden, wenn mit der Überholung zu lange gewartet wurde und die Dichtflächen eingelaufen sind.

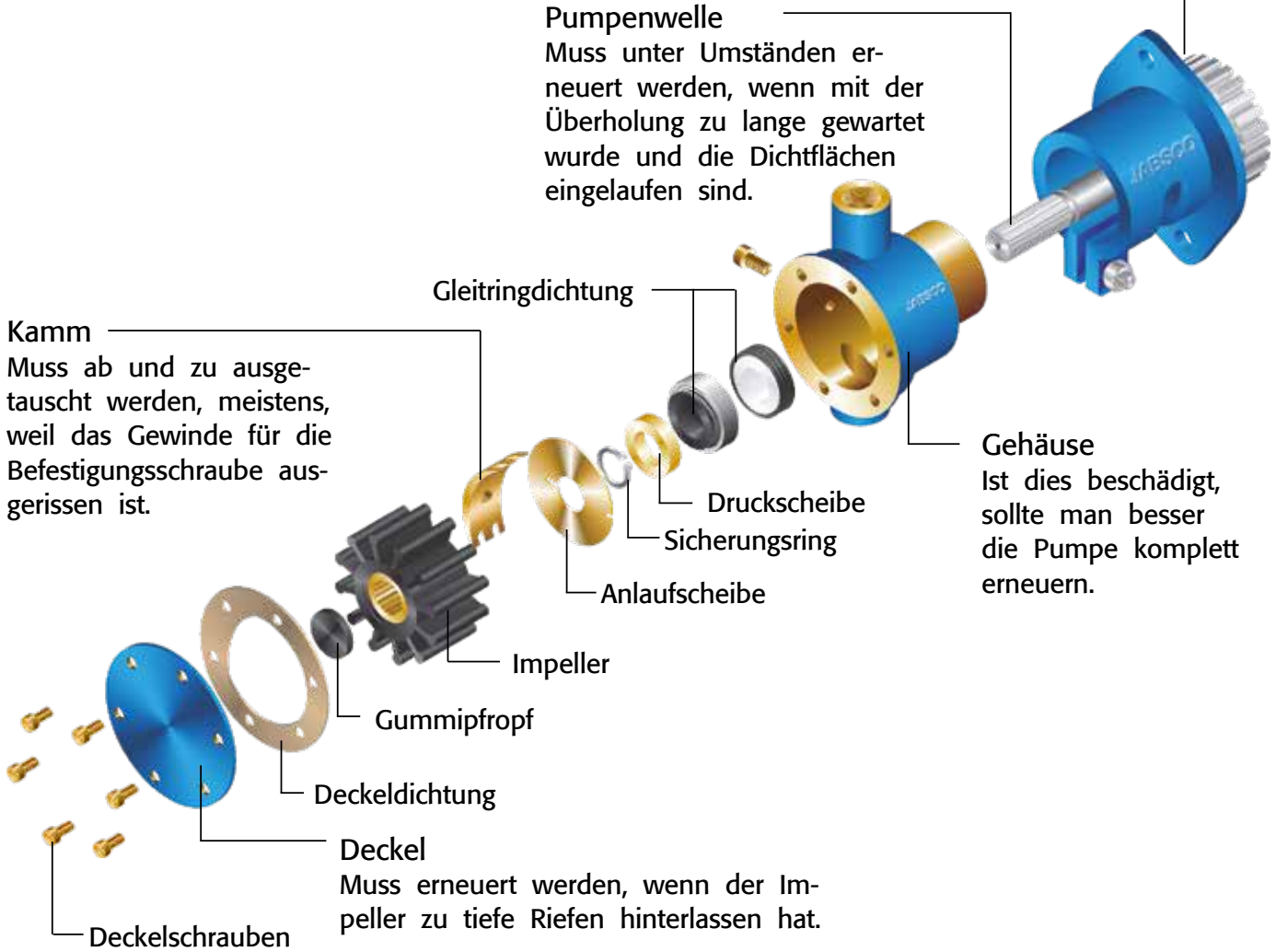
### Gleitringdichtung

### Kamm

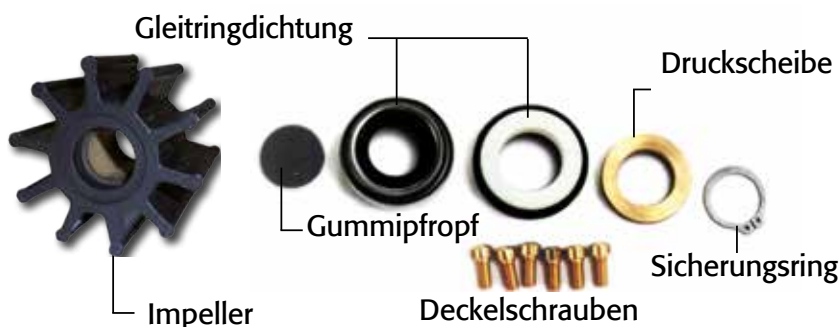
Muss ab und zu ausgetauscht werden, meistens, weil das Gewinde für die Befestigungsschraube ausgerissen ist.

### Gehäuse

Ist dies beschädigt, sollte man besser die Pumpe komplett erneuern.



Oben sind auch alle Teile einer Seewasserpumpe dargestellt, die nicht in Reparatursätzen enthalten sind, jedoch trotzdem verschleßen können und unter Umständen zusätzlich erworben werden müssen. Vorausschauende Skipper nehmen zumindest die Teile mit, von denen erwartet werden kann, dass sie unterwegs benötigt werden. Dazu gehören – zusätzlich zu dem üblichen Reparatursatz – ein paar Deckelschrauben (verschwinden gerne in Bilgen), mehrere Deckeldichtungen (müssen bei jeder Impellerinspektion erneuert werden), eine Wellendichtung – in diesem Fall eine Gleitringdichtung – und eine Anlaufscheibe. Alles Teile, die bereits nach einem kurzen Trockenlauf der Pumpe angegriffen sein könnten.



Links: Der handelsübliche Reparatursatz. Geht man davon aus, dass dieser Satz plus Deckel ohnehin fällig ist, könnte es sinnvoll sein, stattdessen direkt eine kompletten Pumpe zu erwerben, besonders, falls weitere (teure) Teile in Mitleidenschaft gezogen sind.

in Ordnung zu sein, weist also keine Fehlstellen auf und ist auch nicht schmierig, kann man ihn für Notfälle als Reserveimpeller in einem geschlossenen Glas mit Wasser aufbewahren. Der neue Impeller sollte vor der Montage leicht mit einem säurefreien Fett (zum Beispiel Vaseline) eingerieben werden, da er dann wesentlich schneller ansaugt und so keine Gefahr besteht, dass er durch den unvermeidlichen Trockenlauf nach der Montage beschädigt wird. Bei abgezogenem Impeller lässt sich die Impellerwelle leicht prüfen. Sie darf kein Spiel aufweisen und an der Abdichtung zwischen Pumpengehäuse und Pumpenantrieb darf an der Außenseite keine Feuchtigkeit zu sehen sein. Ist es hier feucht oder sogar nass, muss die Dichtung erneuert werden. Wird dies versäumt, kommt es früher oder später zu Lagerschäden im Wellenlager, das meist nicht aus nicht rostendem Stahl besteht und das, einmal angerostet, sehr schnell bis zum vollständigen Stillstand festrostet kann.

Einmal im Jahr, vorzugsweise zum Saisonende, sollte das gesamte Seewassersystem mit Frischwasser durchspült werden, um Ablagerungen und Rückstände aus den Rohren der Wärmetauscher zu entfernen. Der innere Kreislauf der Zweikreiskühlung wird entsprechend der Vorgaben des Motorherstellers ab und zu mit frischem Kühlmittel versorgt.

Dies entfällt bei einkreisgekühlten Motoren; hier muss stattdessen der gesamte Motor gründlich mit Frischwasser gespült werden, da in diesen Motoren die Bildung von Ablagerungen infolge der unregelmäßigen Strömungen in den Kühlkanälen wesentlich stärker ausfällt. Etwa alle fünf Jahre wird der gesamte Kühlkreislauf der einkreisgekühlten Motoren einer Generalreinigung unterzogen, bei der auch hartnäckige Ansammlungen von Salz und Kalk entfernt werden sollten.

## Reparaturen

Das weitaus anfälligste Teil im Seewassersystem ist die Seewasserpumpe. Wie schon mehrfach erwähnt, reagiert sie empfindlich auf Trockenlauf, wird ab und zu an der Wellenabdichtung undicht und die Lager können festrostet. Vor einer Reparatur sollte man sich zunächst den Gesamtzustand der Pumpe ansehen. Liegen hier mehrere Schäden vor - insbesondere, wenn das Gehäuse angegriffen ist - sollte man überlegen, ob es nicht sinnvoller ist, die ganze Pumpe auszutauschen.

Die am weitaus häufigsten erforderliche Reparatur, den Austausch des Impellers, haben wir schon im Abschnitt „Wartung“ beschrieben. Der Austausch des Pumpendeckels muss hier nicht eingehend behandelt werden, da lediglich die Deckelschrauben gelöst und festgezogen werden müssen. Das Festziehen erfolgt natürlich mit dem neuen Deckel.

Ein wenig schwieriger ist der Austausch des Dichtrings oder gar eines Lagers. In beiden Fällen muss bei den meisten Pumpentypen die Welle aus dem Gehäuse gezogen werden. Diese ist in der Regel mit einem Seegerring, der entweder im Gehäuse unter einer Abdeckplatte verborgen ist oder direkt am Lager sitzt, gesichert. Er sollte ebenfalls erneuert werden.

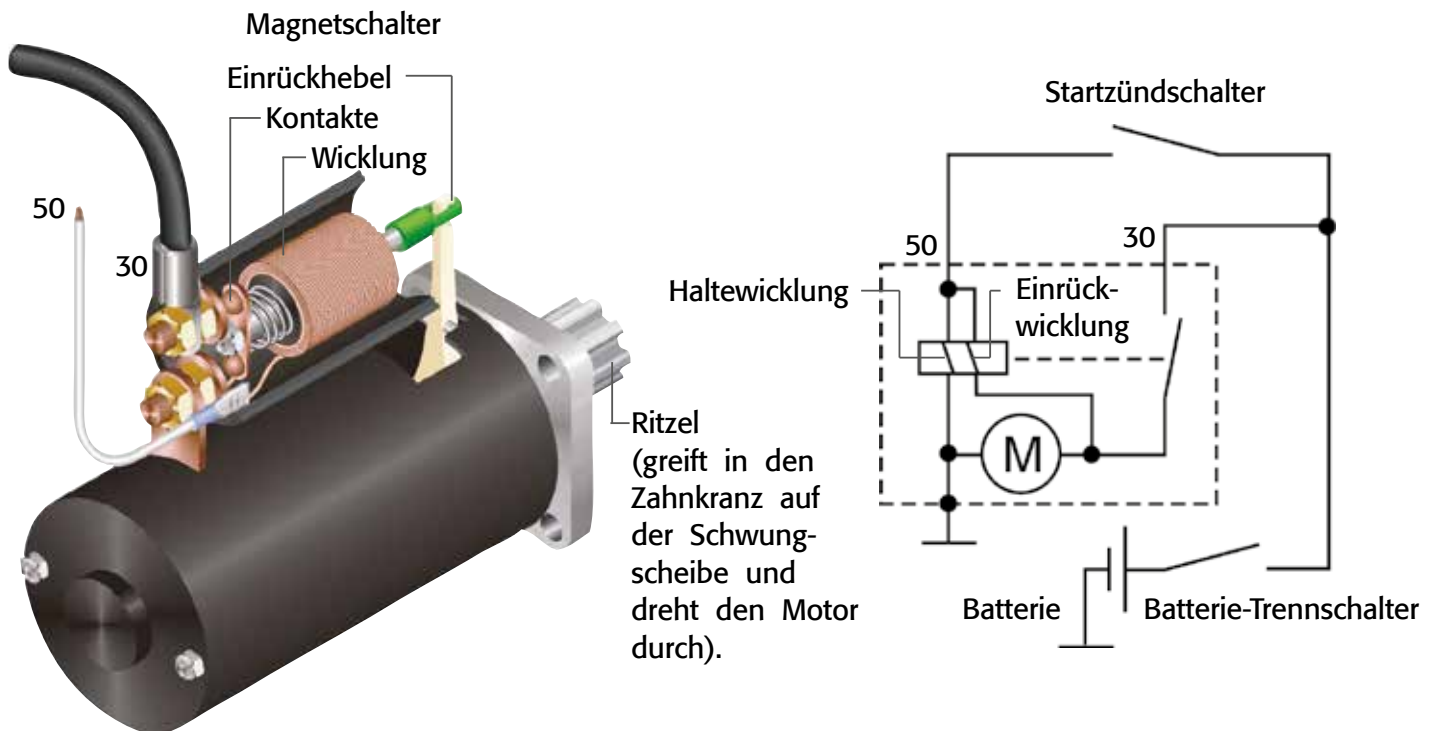
Nachdem Gehäuse und Welle voneinander getrennt sind, ist die Dichtung - in der Regel ein Radial-Wellendichtring - kurz auch Simmerring genannt, meistens gut zugänglich. Bevor man diesen einfach ersetzt, sollte man sich die Oberfläche der Welle im Bereich des Dichtrings genau anschauen. Oft ist die Welle bereits eingelaufen, das heißt, es hat sich eine kleine Nut genau dort gebildet, wo die Dichtlippe des Simmerrings auf der Welle saß. In diesem Fall müsste theoretisch die Welle mit erneuert werden. Man kann sich aber auch damit behelfen (und einiges sparen), indem man eine Kunststoffscheibe mit dem Außendurchmesser des Dichtrings und dem Innendurchmesser der Welle zwischen Gehäuse und Dichtring auf



## Starter

Nach der Glühzeit wird der Zündschlüssel in die Startposition gedreht und der Magnetschalter mit Spannung versorgt. Der Magnetschalter sitzt meist auf dem Startermotor und erfüllt bei den allgemein verwendeten Schubschraubtriebstartern zwei Aufgaben: Erstens ist er ein Relais, das die Batterie mit dem Startermotor verbindet, und zweitens betätigt er elektromagnetisch den Einrückhebel, der das Ritzel auf der Ankerwelle des Startermotors in den Zahnkranz der Motorschwungscheibe schiebt. Hier treten Ströme im Bereich einiger hundert bis über tausend Ampere auf, die erstens mit herkömmlichen Schaltern nicht bewältigt werden können, und

### Starter – Aufbau und Funktion



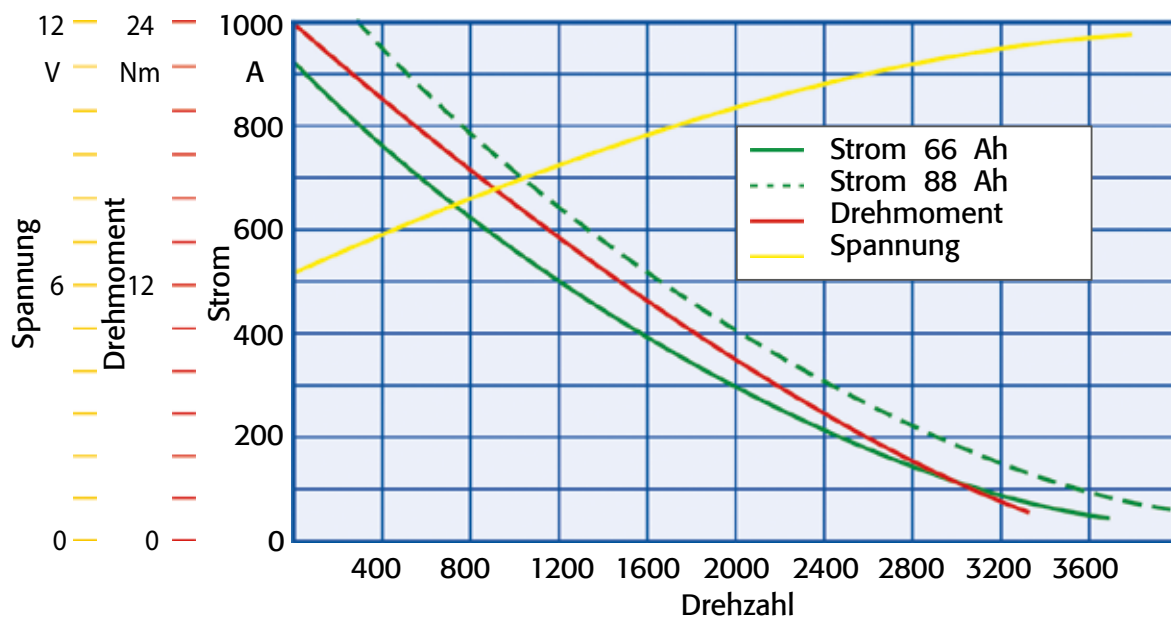
Motoren bis zu einer Leistung von etwa 300 Kilowatt werden meistens von Schubschraubtriebstartern gestartet. Der Magnetschalter sitzt über dem Startermotor und dient sowohl als Relais als auch als mechanische Einrückvorrichtung. Wird der Zündschlüssel in die Start-Stellung gedreht, werden beide Wicklungen des Magnetschalters über den Anschluss 50 mit Spannung versorgt, wobei der Minusanschluss der Einrückwicklung über die Motorwicklungen erfolgt. Dadurch erhält der Anker des Motors eine leichte Drehbewegung, die das nun erfolgende Einspuren des Ritzels durch die Bewegung des Einrückhebels erleichtert. Erst wenn das Ritzel vollständig in den Zahnkranz der Schwungscheibe eingespurt ist, werden die Kontakte des Magnetschalters geschlossen und Feld- und Ankerwicklungen des Startermotors mit Strom versorgt. Da nun beide Anschlüsse der Einrückwicklung an Plus liegen, ist diese abgeschaltet und die Haltewicklung muss nun alleine dafür sorgen, dass die Kontakte geschlossen bleiben. Dies ist so lange der Fall, wie der Zündschlüssel in der Start-Stellung bleibt. Springt der Motor an, sorgt eine Freilaufvorrichtung auf der Ankerwelle dafür, dass die Drehbewegung der Schwungscheibe nicht auf den Anker des Startermotors übertragen wird. Sobald der Zündschlüssel in die Zündstellung zurückgedreht ist, wird das Ritzel durch eine Feder aus dem Schwungscheibenzahnkranz zurückgezogen. In größeren Motoren kommen Schubtriebstarter zum Einsatz, bei denen Schalt- und Einrückwicklung räumlich voneinander getrennt sind. Die Einrückwicklung liegt dort auf der Ritzelwelle.

# Motorelektrik

zweitens die Verlegung dicker Kabel zum Fahrstand erfordern würde, wollte man auf den Magnetschalter verzichten.

Der Magnetschalter schiebt das Ritzel auf der Welle des Starters in den Zahnkranz auf der Schwungscheibe des Motors. Er ist in der Regel mit zwei Wicklungen ausgestattet, von denen eine abgeschaltet wird, sobald das Ritzel eingespurt ist. Ist das System Starter-Magnetschalter in Ordnung, treten nach Drehen des Zündschlüssels in die Start-Stellung folgende Ereignisse ein: Durch den durch die Wicklungen fließenden Strom baut sich im Magnetschalter ein Magnetfeld auf, das dessen Anker so bewegt, dass einerseits die Kontakte des Schalters zwischen Batterie und Anlassermotor geschlossen werden, auf der anderen Seite der Einrückhebel des Starterritzels gezogen wird. Dieser Hebel bewegt das Ritzel, das mit einer Freilaufvorrichtung versehen ist, in den Zahnkranz auf der Schwungscheibe. Gleichzeitig beginnt der Startermotor mit seiner Drehbewegung, die mittels Ritzel und Zahnkranz auf die Schwungscheibe des Motors übertragen wird. Der Motor sollte nun nach einigen Drehungen der Kurbelwelle anspringen. Sobald der Motor schneller dreht als der Anlasser, tritt der Freilauf des Ritzels in Aktion und trennt dieses von der Schwungscheibe. Sobald der Zündschlüssel in die Zündstellung zurückgedreht wird, wird der Magnetschalter stromlos, der Starter hört mit seiner Drehung auf und das Ritzel wird durch eine Feder zum Anlasser zurückgezogen.

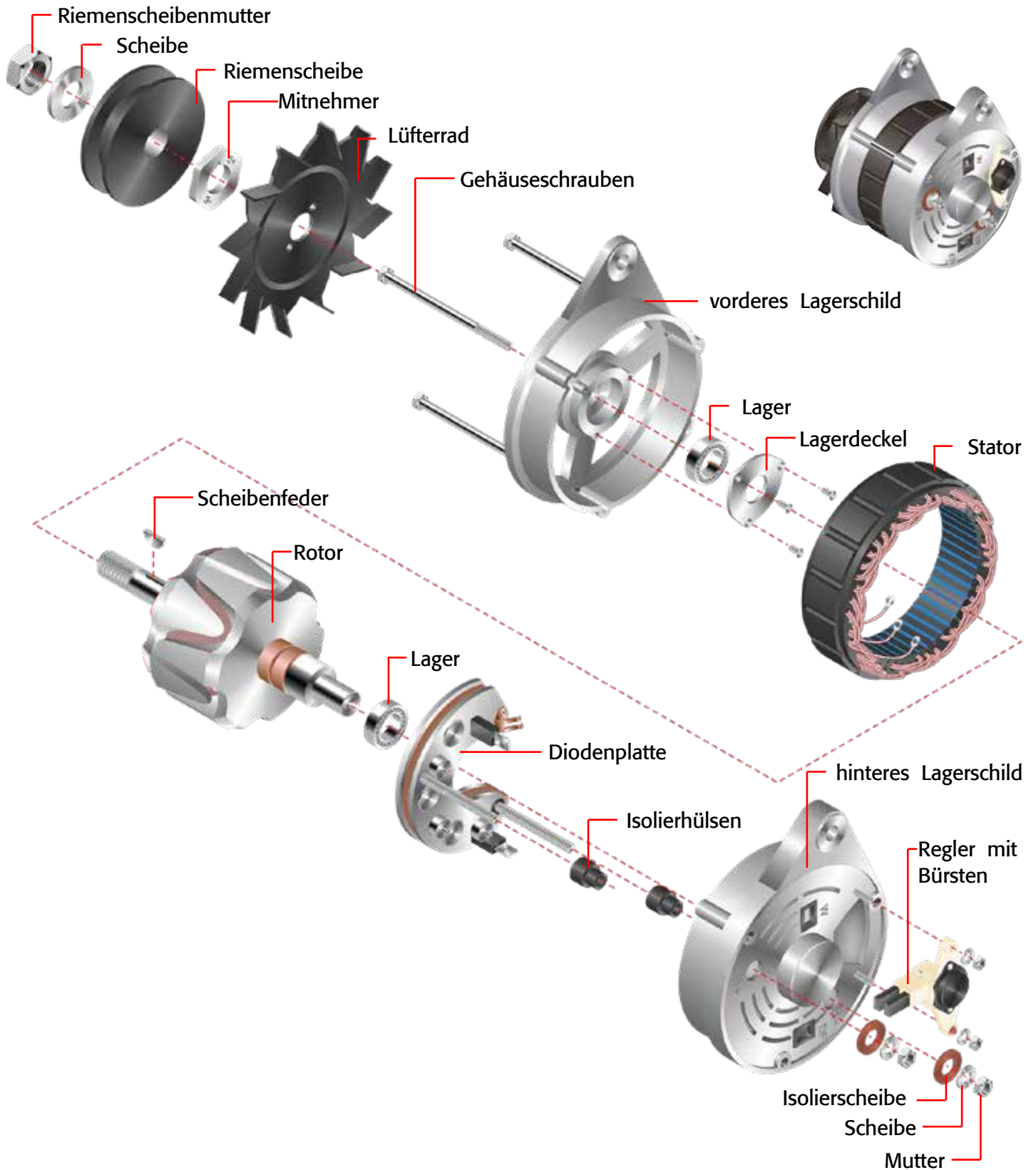
## Starter - Kennlinien



Dargestellt sind die Kennlinien eines 12-Volt-Starters mit einer Nennleistung von 1,4 Kilowatt. Typisch für Reihenschlussmotoren ist, dass Strom und Drehmoment mit zunehmender Drehzahl abnehmen. Der größte Strom und das größte Drehmoment treten dann auf, wenn der Starter blockiert ist – dann ist der Strom durch den Motor lediglich vom Widerstand der Wicklungen und dem Innenwiderstand der Batterie begrenzt. Erst mit zunehmender Drehzahl gehen Strom und Drehmoment infolge der in den Wicklungen durch Induktion auftretenden Gegenspannungen zurück. Interessant ist auch der Vergleich der Stromstärken mit zwei unterschiedlichen Batterien (Kapazität 66 und 88 Amperestunden). Der Strom steigt mit der Kapazität an, da der Innenwiderstand der Batterien mit der Kapazität zurückgeht. Daher kann eine stark überdimensionierte Starterbatterie den Starter unter bestimmten Voraussetzungen zerstören, zum Beispiel bei einem blockierten Motor oder bei wiederholten Startversuchen mit einem sehr kalten Motor, den der Starter nur langsam durchdrehen kann.

# Motorelektrik

## Drehstromlichtmaschinen – Aufbau



Drehstromlichtmaschinen sind, mechanisch betrachtet, ihren Gleichstromvettern nicht unähnlich. In beiden Stromerzeugern läuft ein Rotor (auch Läufer oder Anker genannt) in einem Gehäuse, in dem eine oder, bei der Drehstrommaschine, mehrere Wicklungen fest angebracht sind. Das Gehäuse ist an beiden Enden mit Deckeln, auch Lagerschilde genannt, versehen, in denen sich die Lagersitze des Rotors befinden. Obwohl Drehstromlichtmaschinen mechanisch wesentlich

robuster und als Austauschteil leichter erhältlich (und in der Regel billiger) sind als Gleichstrommaschinen, ergibt sich manchmal doch die Notwendigkeit, diese zu zerlegen. Dafür kann es mehrere Gründe geben, angefangen bei einem verschlissenen oder festsitzenden Lager bis zum Austausch der Diodenplatte – auch hier liegen die Kosten für die notwendigen Teile weit unter dem Preis selbst einer gebrauchten Austauschmaschine. Bei der Teilebeschaffung zahlt es sich oft aus, Lager, Bürsten oder Dioden nicht beim Motorhersteller – dieser muss schließlich seine Lagerkosten auf den Preis aufschlagen –, sondern im Fachhandel zu beziehen.

Zur Demontage muss bei den meisten Maschinen zunächst die Riemenscheibe samt Lüfter abgenommen werden, da erst dann die Gehäuseschrauben zugänglich werden. Einige Exemplare sind dazu mit einem sechs- oder achtkantigen Mitnehmer zwischen Riemenscheibe und Lüfter versehen, der zum Gegenhalten beim Lösen der Riemenscheibenmutter benutzt werden kann. Bei anderen Ausführungen ist die Rotorwelle mit einem Innensechskant versehen, manchmal sind auch die Gehäuseschrauben ohne Demontage der Riemenscheibe zugänglich. Auch hier sollte man auf keinen Fall die Riemenscheibe oder das Lüfterrad zum Gegenhalten missbrauchen – sind diese einmal verformt, wird es teuer.

Bevor man die Gehäuseschrauben löst, sollte man den Regler mit den Bürstenhaltern vom hinteren Lagerschild abbauen. Dabei muss man vorsichtig vorgehen – verkantet man den Regler beim Herausziehen, können die Bürsten (Kohlen) brechen.

Die Gehäuseschrauben sitzen meistens sehr fest – Kriechöl oder Rostlöser, frühzeitig angewendet, können helfen. Sind die Gehäuseschrauben gelöst, kann man das vordere Lagerschild mit dem Rotor aus dem Stator herausziehen. Der Stator ist über die Anschlusskabel mit der Diodenplatte verbunden, die wiederum mit den Anschlussschrauben (B+ und B-) am hinteren Lagerschild befestigt ist. In einigen Ausführungen ist die Diodenbrücke auch mit separaten Befestigungsschrauben am Lagerschild befestigt.

Lagerschäden treten in der Regel nur beim vorderen Lager auf. Dieses ist oft mit einem Lagerdeckel am Lagerschild gesichert, dessen Befestigung erst zugänglich wird, wenn die Rotorwelle – mit vorsichtigen Hammerschlägen oder einer Presse – aus dem Lager herausgetrieben wurde. Aber auch wenn das hintere Lager nicht beschädigt ist, sollte man es bei der Gelegenheit austauschen – die Kosten für das Lager stehen in keinem Verhältnis zum Aufwand, der bei der Demontage der Lichtmaschine getrieben werden muss. Das hintere Lager muss meistens mit einem Abzieher von der Welle gelöst werden, der am Innenring des Lagers angesetzt werden sollte. Bei der Montage des neuen Lagers sollte der dafür nötige Druck auch nur am Innenring wirken – Druck auf den äußeren Ring oder gar die Abdeckung kann das Lager zerstören. Ist die Länge der Kohlebürsten unter das Verschleißmaß gesunken – meistens 5 bis 6 Millimeter –, müssen sie ersetzt werden. Neue Bürsten stehen etwa 15 Millimeter vor. Sind die Bürsten verschlissen, sind in der Regel auch die Schleifringe auf der Rotorwelle reif für eine Überarbeitung, auch wenn diese bei Weitem nicht dem Verschleiß unterliegen wie die Kollektoren von Gleichstrommaschinen. Sie sollten sehr vorsichtig nur so weit abgedreht werden, bis die Riefen gerade eben nicht mehr sichtbar sind. Nach dem Abdrehen kann man die Ringe mit Metallpolitur bearbeiten, wodurch der Verschleiß der Bürsten vor allem während des Einlaufens verringert wird.

Beim Zusammenbau ist besonders auf die Isolierung der Diodenplatte zu achten. Wird hier eine Scheibe vertauscht oder vergessen, kann dies schon beim Anschluss der Lichtmaschine an die Batterie zu einem herben Kurzschluss mit Diodenzerstörung führen.

Nach dem Zusammenbau sollte man die Lichtmaschine kurz prüfen. Wird der Rotor gedreht, darf nichts klappern oder schleifen – es darf lediglich ein leichtes Schleifgeräusch der Bürsten auf den Schleifringen zu hören sein.

# Getriebeanschluß

Schwungscheiben sind zudem mit einem aufgeschumpftem Zahnkranz versehen, in den das Ritzel des Startermotors während des Motorstarts eingreift.

Die Schwungscheiben der Motoren, die speziell für Yachtantriebe entwickelt wurden, waren seit jeher verhältnismäßig schwer. Da die Masse das ausschlaggebende Kriterium für die Schwingungsdämpfung ist, liefen Motoren mit schweren Schwungscheiben naturgemäß deutlich ruhiger und vibrationsärmer als die entsprechenden Kollegen aus dem Automobilbereich. Andererseits waren diese typischen Bootsmotoren jedoch deutlich schwerer und träger. Bei manchem alten Bootsdiesel dauert es gefühlte Stunden, bis er seine Nenndrehzahl erreicht – besonders bei Manövern, wenn Platz Mangelware ist, dafür jedoch Wind im Überfluss angeboten wird.

Frühe Direkteinspritzer, zum Beispiel die Mercedes 314 und 352 oder die Ford 2701 und 2703 liefen so ruppig, dass selbst mit verhältnismäßig schweren Schwungscheiben kein komfortabler Rundlauf zu erreichen war. Für LKW wurden daher zusätzliche Dämpfer am vorderen Motorende angebracht, die flexibel auf der Kurbelwellenriemenscheibe saßen. Wurden solche Motoren als Yachtantrieb eingesetzt, erhielten sie oft sogenannte Schwungradzusatzgewichte – auch „Masseringe“ genannt –, wodurch die Schwungmasse auf fast das doppelte des Originals erhöht wurde.

Schwungscheiben – die an modernen PKW-Motoren heutzutage kaum noch 10 Kilogramm

---

## Drehschwingungen

Drehschwingungen entstehen in Verbrennungsmotoren durch Drehmomentänderungen an der Kurbelwelle in dem Moment, wenn ein Zylinder zündet oder komprimiert. Die Kurbelwelle wird in ihrer Drehbewegung sozusagen bei jeder Zündung beschleunigt und anschließend in der Kompressionsphase abgebremst, wodurch sich eine oszillierende Bewegung ergibt. Diese Schwingungen sollen durch die Schwungscheibe und die darauf montierte Dämpferplatte abgemildert werden.

Im Zuge der fortschreitenden Gewichtseinsparungen im Automobilbau wurden auch die Massen der Schwungscheiben so weit reduziert, dass die Motoren in Verbindung mit den dazugehörigen Fahrzeuggetrieben gerade noch annehmbare Rundlaufeigenschaften aufweisen. Werden diese Motoren jedoch als Yachtantriebe eingesetzt, reichen die Dämpfungseigenschaften des Antriebsstrangs oft nicht aus, um Drehschwingungen wirkungsvoll zu unterdrücken.

Übermäßige Drehschwingungen treten meist im unteren Drehzahlbereich auf und führen dazu, dass die Zähne der an der Kraftübertragung beteiligten Zahnräder im Wendegetriebe im Takt der Drehschwingung aufeinanderschlagen; es entstehen Geräusche, die sich anhören, als ob eine Horde Zwerge im Getriebe wie wild auf das Gehäuse hämmert. Schon die Art und Intensität dieses Geräuschs weist deutlich darauf hin, dass hier langfristig erhebliche Schäden zu erwarten sind, wenn dieser Zustand nicht behoben wird. Drehschwingungen können durch die Art und Auswahl der im Getriebeanschluss verwendeten Teile (Dämpferplatten, Schwungradzusatzgewichte) beeinflusst werden.



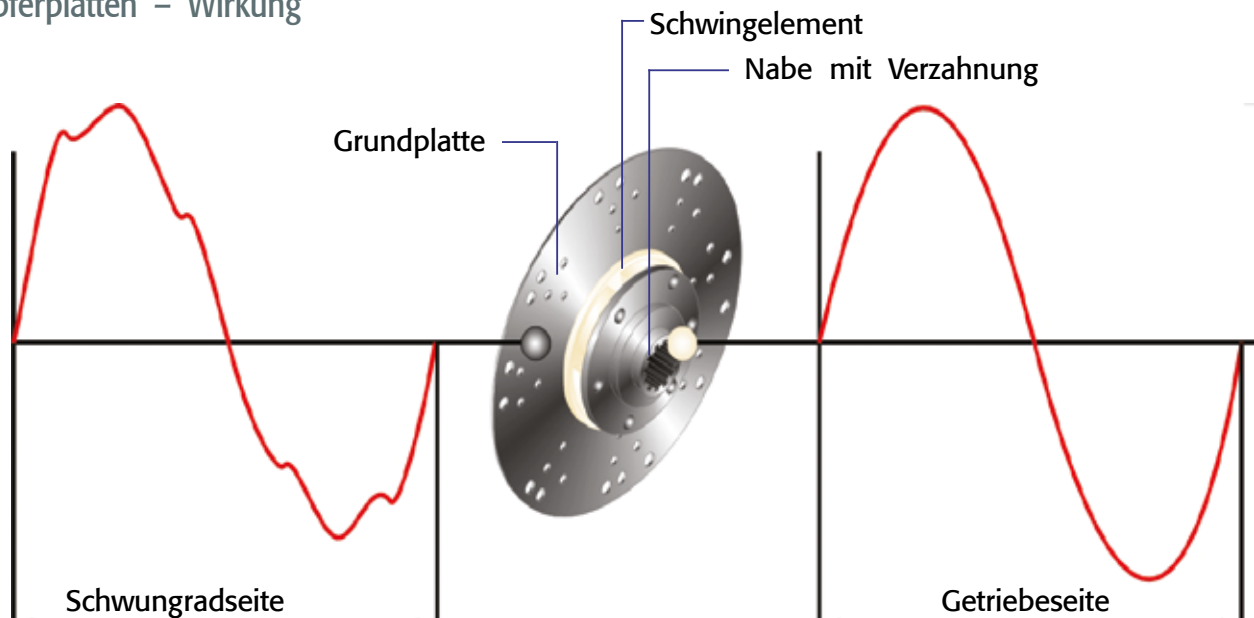
Bewegungsmustereiner Schwungscheibe mit überlagerter Drehschwingung.

auf die Waage bringen - können jedoch nicht alle Drehschwingungen vom Antriebsstrang fernhalten. Kommen hier noch Resonanzen hinzu, muss eine zusätzliche Dämpfung zwischen Kurbelwelle und Getriebe eingesetzt werden.

### Schwungradzusatzgewichte

Eine andere Methode, mit der Drehschwingungen verringert werden sollen, ist die Verwendung von Schwungradzusatzgewichten („Masseringe“). Das Prinzip ist einfach: Zusätzliche Masse auf der Schwungscheibe erhöht die Trägheit des Gesamtsystems, wodurch die Drehbewegung der Kurbelwelle geglättet wird. Allerdings steigt dadurch auch der Platzbedarf im Anschlussgehäuse, da die Dämpferplatte um den Betrag der Dicke des Zusatzgewichts nach hinten verschoben wird. Streng genommen müsste das Anschlussgehäuse in den meisten Fällen vergrößert werden, meistens wird hier jedoch auch mit Zwischenringen gearbeitet. Alles in allem kann diese Methode lediglich als ein Versuch angesehen werden, die Versäumnisse des Motorenherstellers in Bezug auf den Einsatz des Motors als Bootsantrieb gerade zu biegen. Zusatzgewichte, auch Masseringe genannt, müssen, um halbwegs wirksam zu werden, verhältnismäßig dick und somit schwer sein. Experten fordern in der Regel eine Verdoppelung der Schwungscheibenmasse, womit leicht 30 zusätzliche Millimeter im Anschlussgehäuse be-

### Dämpferplatten – Wirkung



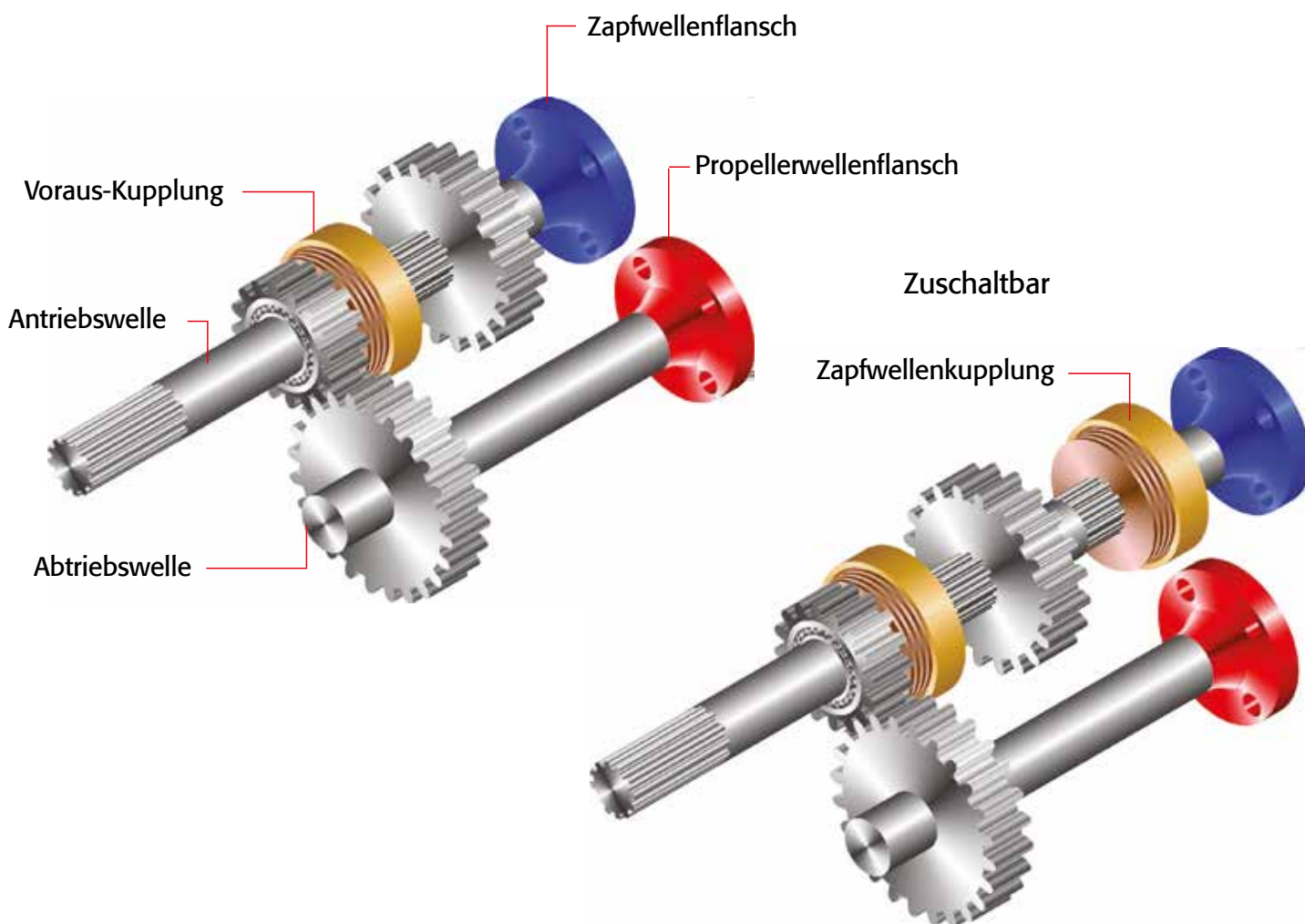
Dämpferplatten sollen die Unregelmäßigkeiten (hauptsächlich Drehschwingungen), die aus den Verbrennungsvorgängen entstehen und an die Kurbelwelle und somit die Schwungscheibe des Motors weitergegeben werden, vom Getriebe fernhalten. Dazu sitzt auf einer Grundplatte, die passgenau mit der Schwungscheibe verschraubt ist, ein elastisches Element, das entweder aus Stahlfedern oder aus einem Kunststoff- oder Gummielastomer besteht.

Dieses Element ist wiederum mit einer Nabe verbunden, die mit einer dem Getriebe entsprechenden Verbindungsverzahnung versehen ist. Dadurch besteht keine direkte Verbindung zwischen der Schwungscheibe des Motors und der Getriebeeingangswelle, und die überlagernden Drehschwingungen der Kurbelwelle werden zumindest stark gedämpft an das Getriebe weitergeleitet.

Zahnradpaare verwendet werden (was die Produktionskosten senkt) und somit absolut gleiche Untersetzungen in beiden Drehrichtungen erreicht werden (der englische Hersteller Newage pflegte dies immer als besonderen Vorteil seiner hydraulischen Getriebe zu betonen). Wenn schon mal Öldruck im Getriebe vorhanden ist, kann man leicht zusätzliche Kupplungen, zum Beispiel für Zapfwellen, einbauen. Noch vor nicht allzu langer Zeit war dies ein Privileg der großen Getriebe, die an Motoren mit mehreren hundert Kilowatt ihren Dienst versahen. Heute gibt es diese praktische Einrichtung, bei der aus dem Getriebe ein Stummel herauschaut, der unabhängig von der Propellerwelle bei Bedarf mit Motordrehzahl mitdreht,

## PTO-Zapfwellen

Ständig mitlaufend



Die Zapfwellen werden meist zum Antrieb von zusätzlichen Pumpen oder anderen Aggregaten verwendet, die unabhängig von der Propellerwellendrehzahl und -richtung angetrieben werden müssen. Theoretisch sind sie in der ungeschalteten Version auch an mechanischen Getrieben vorstellbar, es gibt sie jedoch nur als Zubehör für hydraulisch geschaltete Getriebe. In der einfachen Ausführung (oben) wird lediglich das Vorgelege hinten aus dem Getriebe herausgeführt. Diese Zapfwelle dreht sich mit der gleichen Drehzahl und Drehrichtung wie der Motor und kann nicht abgestellt werden. In größeren Getriebe (unten) ist die Zapfwelle oft mit einer zusätzlichen Kupplung versehen, mit der diese zu- und abgeschaltet werden kann. Die abnehmbare Leistung ist in der Regel begrenzt. Der Anschluss der Zusatzaggregate erfolgt meistens über nach SAE genormte Keilwellenprofile mit entsprechenden Anschlussmaßen.

# Wendegetriebe

schon für 40-Kilowatt-Diesel. Damit lassen sich Hydraulikpumpen, Generatoren oder auch Lenz- und Deckwaschpumpen antreiben, ohne dass man auf komplizierte Konstruktionen mit Riementrieben zurückgreifen muss.

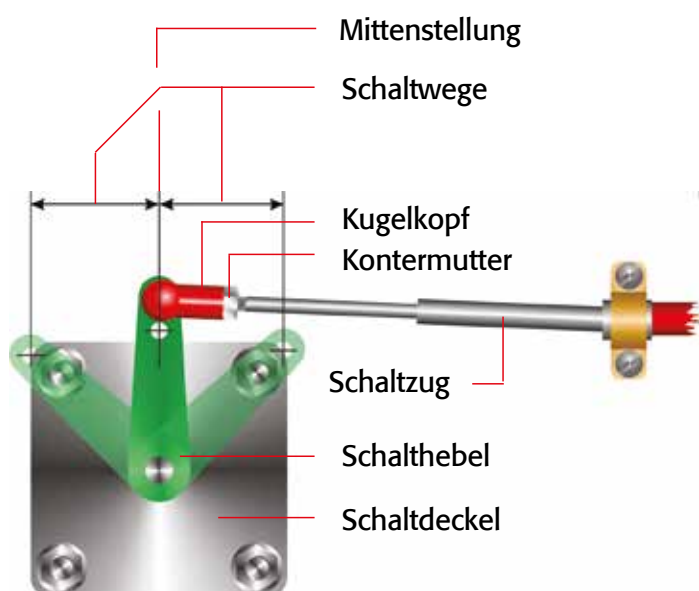
Ein wenig aufwendiger sind da schon die Trolling Valves, oder auch Schleichfahrtsysteme. Auch diese gibt es nur für hydraulisch geschaltete Getriebe. Damit hat es Folgendes auf sich: Stark motorisierte Wasserfahrzeuge, die zu hohen Geschwindigkeiten fähig sind, lassen sich oft nur mühselig langsam fahren. Gang raus, Gang rein, so geht es durch den Hafen. Das Beste, was ich in dieser Beziehung gesehen habe, war ein griechisches Patrouillenboot, knapp 30 Meter lang aus GFK mit 9.000 PS Motorleistung. Im Leerlauf der Motoren machte es über 20 Knoten.

Für diese und ähnliche Fälle gibt es nun diese Schleichfahrtsysteme, in denen ein elektronisch gesteuertes Magnetventil den Druck auf die Kupplungen regelt. So kann die Drehzahl der Propellerwelle bei gleich bleibender Motor-(Leerlauf)-Drehzahl fast beliebig reduziert werden. Gesteuert wird diese durch einen zweiten Gashebel, sodass praktisch aus einer Einhebelschaltung (Gas- und Getriebebetätigung in einem Hebel) bei niedrigen Drehzahlen eine Zweihebelschaltung wird, bei der der Standardhebel lediglich zum Schalten verwendet wird. Besonders bei großen Propellern und leichten Yachten lassen die Schaltvorgänge oft das gesamte Fahrzeug erzittern. So genannte Schaltakkumulatoren können hier eingesetzt werden, die den Druckanstieg an den Kupplungen verzögern. Dadurch werden die Gänge schleifend eingelegt, und man erhält so einen weichen Schaltvorgang. Diese Geräte lassen sich sogar an vielen Getrieben mit verhältnismäßig wenig Aufwand nachrüsten: Die komplette Einheit wird zwischen das Schaltventil, das in der Regel gut zugänglich oben auf dem Getriebegehäuse sitzt, und dem Ventilblock eingefügt.

## Wartung

Regelmäßig durchgeführte Ölwechsel gehören zu den Faktoren, die über die Lebensdauer der

## Schaltwege



Die Schaltwege am Schalthebel des Getriebes werden vom Hersteller vorgegeben und sind erforderlich, um ein vollständiges Einrücken der Kupplungen zu ermöglichen. Sie können an den Kugel- oder Gabelköpfen der Schaltzüge eingestellt werden.

Werden die Schaltwege unterschritten, können die Kupplungen nicht vollständig schließen und schleifen unter Last gegeneinander. Folge: Erhöhter Verschleiß. Zu große Schaltwege hingegen führen zu keinen Nachteilen.

Ebenso wichtig wie die Länge der Wege ist die genaue Justierung der Züge auf die Mittenstellung des Schalthebels. Vor allem bei hydraulisch geschalteten Getrieben können hier schon kleine Abweichungen zu erheblichen Verschleißerscheinungen in den Ventilblöcken führen.



# Einwinterung von Verbrennungsmotoren

muss zumindest zusätzlich die Seewasserpumpe geöffnet werden, da diese wie ein geschlossenes Ventil wirkt. Dazu öffnet man zunächst alle Ablassschrauben und -hähne des Seewassersystems, wartet, bis hier kein Wasser mehr auftritt, und löst dann die Deckelschrauben der Seewasserpumpe. Falls das Boot im Wasser liegt, sollte man vorher den Borddurchlass schließen. Ablassschrauben findet man oft an den schon erwähnten Abgassammelrohren oder Kombikühlern, an Ölkühlern mit metallischen Endkappen und, oft vergessen, am Wassersammler in der Abgasleitung. Manchmal sind diese Schrauben mit einer Opferanode bestückt, deren Zustand man bei dieser Gelegenheit direkt prüfen kann.

Zurück zur Seewasserpumpe: Ist der Deckel gelöst und läuft kein Wasser mehr aus, schraubt man den Deckel vorsichtig ab, entfernt diesen und die darunter liegende Dichtung und nimmt den Impeller - wieder vorsichtig und ohne Gewaltanwendung - heraus. Ist dieser ohne Risse und ansonsten vollständig, kann man ihn über den Winter in Wasser einlegen, damit er nicht austrocknet und spröde wird. Zeigen sich, vor allem an den Flügelwurzeln, Risse oder fehlen Stücke an den Flügeln, muss der Impeller ohnehin ersetzt werden.

Vor dem Einbau im nächsten Frühjahr sollte der Impeller dünn mit einem säurefreien Fett eingeschmiert werden. Dies fördert die Ansaugung und reduziert den Verschleiß des Impellers durch den Trockenlauf in den ersten Sekunden nach dem Start.

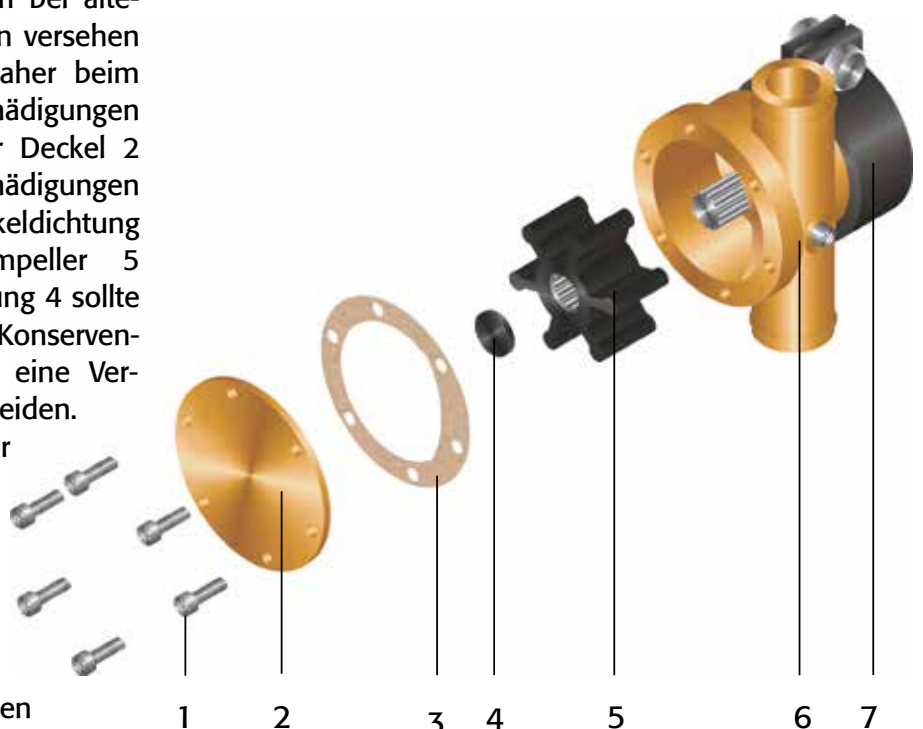
Die meisten Bootsmotoren sind mehr oder weniger schräg eingebaut. Damit sind auch die meisten Rohrbündel der Wärmetauscher, etwa für den Innenkreislauf oder Getriebe- und Motorölkühler nach achtern geneigt. Die oft verwendeten Ölkühler und Wärmetauscher mit Messinghülsen und Gummikappen an den Enden sind hier besonders kritisch zu betrachten, hier vor allem in Kombikühlern, wenn an der hinteren Gummikappe der Belüfter für das

---

## Seewasserpumpe

Die Deckelschrauben 1 sind, vor allem bei älteren Pumpen, oft mit zölligen Gewinden versehen und sehr schwierig zu beschaffen. Daher beim Lösen vorsichtig vorgehen, um Beschädigungen oder Verlust zu vermeiden! Weist der Deckel 2 auf der Rückseite Riefen oder Beschädigungen auf, sollte er ersetzt werden. Die Deckeldichtung 3 wird grundsätzlich erneuert. Der Impeller 5 einschließlich der kleinen Gummidichtung 4 sollte zu Hause in einem verschlossenen Konservenglas in Wasser gelagert werden, um eine Versprödung durch Lufteinflüsse zu vermeiden.

Findet man an den Flügeln Risse oder fehlen gar einzelne Segmente, sollte auch der Impeller ersetzt werden. Beschädigungen am Pumpengehäuse 6, etwa durch gewaltsamen Ausbau des Impellers, sollten sauber beigearbeitet werden. Die Dichtung der Impellerwelle 7 darf keine Beschädigungen oder Ablagerungen aufweisen.



Abgassystem angeschlossen ist. Dann kann nämlich das Seewasser nicht vollständig aus dem Rohrbündel ablaufen, und zumindest der hintere Teil der unten liegenden Rohre im Rohrbündel steht voll Wasser, auch wenn an der Ablassöffnung kein Tropfen mehr austritt. Hier treten dann auch die meisten Frostschäden auf: Das Wasser in den Rohren gefriert und reißt deren dünne Wandung in Längsrichtung auf. Geschieht dies in dem Wärmetauscher zwischen innerem und äußerem Kreislauf, fällt diese erst dann auf, wenn Seewasser aus dem Einfüllstutzen des inneren Kreislaufs austritt. Dieser liegt erstens oft unterhalb der Schwimmwasserlinie des Bootes, und zweitens übersteigt der Druck auf der Druckseite der Seewasserpumpe in der Regel den Öffnungsdruck des Federventils im Deckel des Einfüllstutzens. Beobachtet man also eine rätselhafte Vermehrung des Kühlmittels im Motor, ist dies ein sicherer Hinweis darauf, dass das Wärmetauscherrohrbündel durchlässig geworden ist.

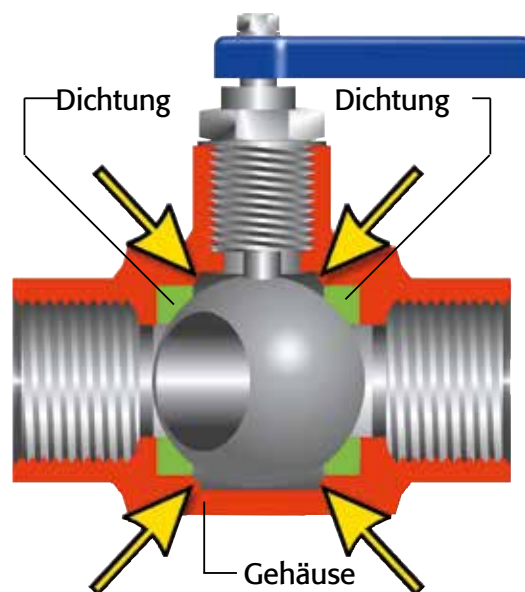
Verglichen mit dem, was geschieht, wenn eins der Ölkühlerrohrbündel zerfriert, ist dies jedoch eher als harmlos zu bezeichnen. Hier kann man zwei Zustände beobachten: Bei mittleren und höheren Motordrehzahlen ist der Öldruck im Motor höher als der Wasserdruck der Seewasserpumpe. Also wird das Motor- oder Getriebeöl aus dem Motor in die See gepumpt. Im Leerlauf oder auch, wenn der Motor steht, wird jedoch Seewasser durch das oder die geplatzten Rohre in das Motoröl gedrückt. Wer jetzt glaubt, dass damit alles in Ordnung sei, weil sich beide Vorgänge ausgleichen, irrt. Man findet letztendlich wesentlich mehr Wasser im Öl als umgekehrt, und innerhalb weniger Stunden nach dem Abstellen kann der Motor bis oben voll Wasser stehen. Außerdem schmiert Seewasser nicht besonders gut.

Will man dies zuverlässig verhindern, muss man an allen horizontal (oder nahezu horizontal) eingebauten Wärmetauschern mit konzentrischen Gummiendkappen die Schlauchschelle

---

## Einfrierende Kugelhähne

Ein aufmerksamer Leser wunderte sich, dass in seiner Bootsumgebung reihenweise Kugelhähne an Land überwinternder Boote infolge Frosteinwirkung platzten, obwohl diese voll geöffnet waren und daher eigentlich kein Wasser mehr enthalten durften. Neugierig geworden, sägte er einen Kugelhahn der Länge nach auf und fand dann auch des Rätsels Lösung: Die Kugel ist auf beiden Seiten in Kunststoffdichtungen gelagert, zwischen denen sich eine Kammer befindet (in der Zeichnung durch gelbe Pfeile gekennzeichnet), deren äußere Begrenzung von dem Gussgehäuse des Kugelhahns gebildet wird. Wird der Kugelhahn unter Wasser geöffnet, dringt Wasser in diese Kammer ein. Sowohl in der geschlossenen als auch in der offenen Stellung des Hahns ist die Kammer durch die Kugel vollständig geschlossen. Mit anderen Worten: Das Wasser in der Kammer kann nicht ablaufen, dehnt sich bei Frosteinwirkung aus und sprengt das Gehäuse. Dies kann man verhindern, wenn man den Kugelhahn in der halb offenen Stellung überwintern lässt; dann nämlich befindet sich eine der Kugelöffnungen halb in der Kammer, und das Wasser kann so durch die Kugelbohrung ablaufen.



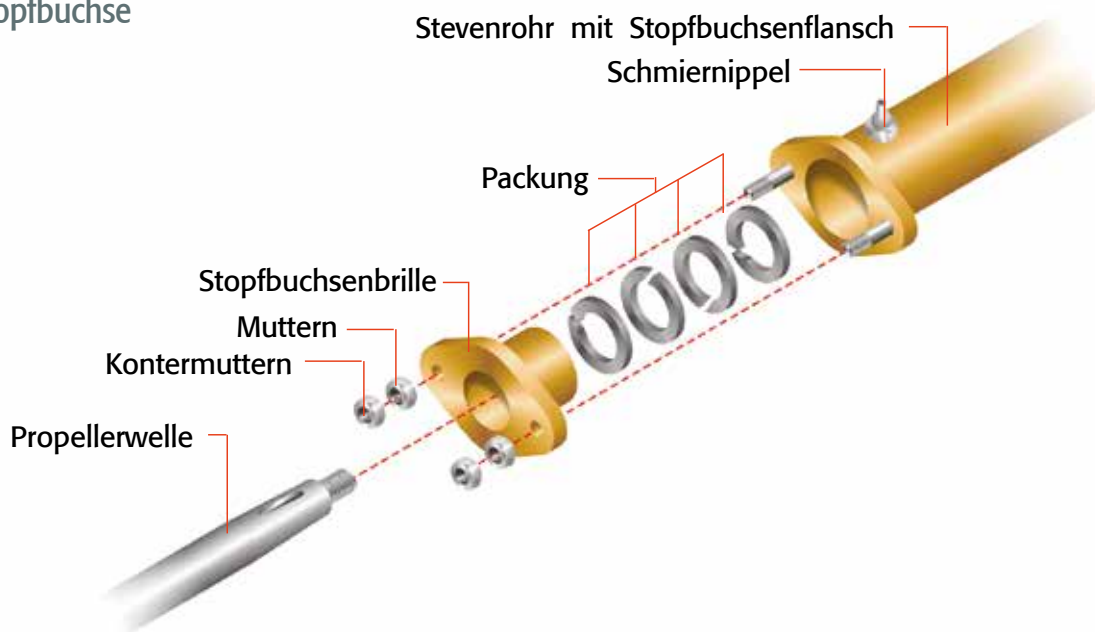
# Wellenanlagen

Stopfbuchsenbrille eingestellt werden kann. Diese Anordnung stellt die klassische Form eines Kompromisses dar; ist der Anpressdruck zu niedrig, kommt vermehrt Wasser durch, ist der Druck zu hoch, erhitzt sich das Ganze und die Welle läuft ein. Es lässt sich daher mit einer herkömmlichen Stopfbuchse keine absolute Dichtheit erzielen, da immer ein wenig Wasser, auch zur Kühlung, zwischen Welle und Packung den Weg in das Schiff findet.

Ursprünglich war die Stopfbuchse ein Bestandteil des Stevenrohrs und daher starr mit diesem verbunden. Dies ging so lange gut, wie die Motoren ebenfalls starr gelagert waren und die Schwingungsweiten der Propellerwelle daher eng begrenzt war. Als dann im Zuge der Komfortsteigerung die Motoren immer weicher gelagert wurden, deren Schwingungen und damit die der Propellerwelle also immer weiter wurden, waren starre Stopfbuchsen bald überfordert. Vor allem, wenn der Abstand zwischen Getriebe und Stopfbuchse gering war, schlugen die Packungen schneller aus, als man sie nachstellen konnte. Auch die Einführung eines zweiten Wellenlagers unmittelbar hinter der Stopfbuchse führte in diesen Fällen nur vorübergehend zum Erfolg: Die Zeit war reif für eine Dichtung, die ebenso elastisch aufgehängt war wie der Motor.

Die ersten Exemplare dieser Art sahen aus wie eine konventionelle Stopfbuchse, die vom Stevenrohr abgesägt und mittels eines kurzen Schlauches auf diesem befestigt worden war.

## Feste Stopfbuchse



Feste Stopfbuchsen sind die älteste Art der Propellerwellenabdichtung. Eine so genannte Packung, die aus mehreren hintereinander angeordneten ringförmigen Dichtschnüren besteht, wird in einer Ausdehnung des Stevenrohrs durch die Stopfbuchsenbrille zusammengepresst. Der Anpressdruck wird von den Befestigungsschrauben der Stopfbuchsenbrille erzeugt, deren Einstellung gleichmäßig und mit Gefühl erfolgen muss, damit die Dichtwirkung der Stopfbuchse erhalten bleibt.

Üblicherweise sind feste Stopfbuchsen fettgeschmiert; das Fett wird entweder über Schmiernippel, oder bei aufwändigeren Anlagen, mittels eines Vorratsschmierers in die Packung gedrückt.

Der Abstand zwischen Getriebeflansch und Stopfbuchse sollte im Idealfall dem vierzigfachen Wellendurchmesser entsprechen; steht der Motor zu nahe an der Dichtung, führen die durch die Welle übertragenen Motorschwingungen zu einem vorzeitigen Ausschlagen der Packung und somit zu Undichtheiten.

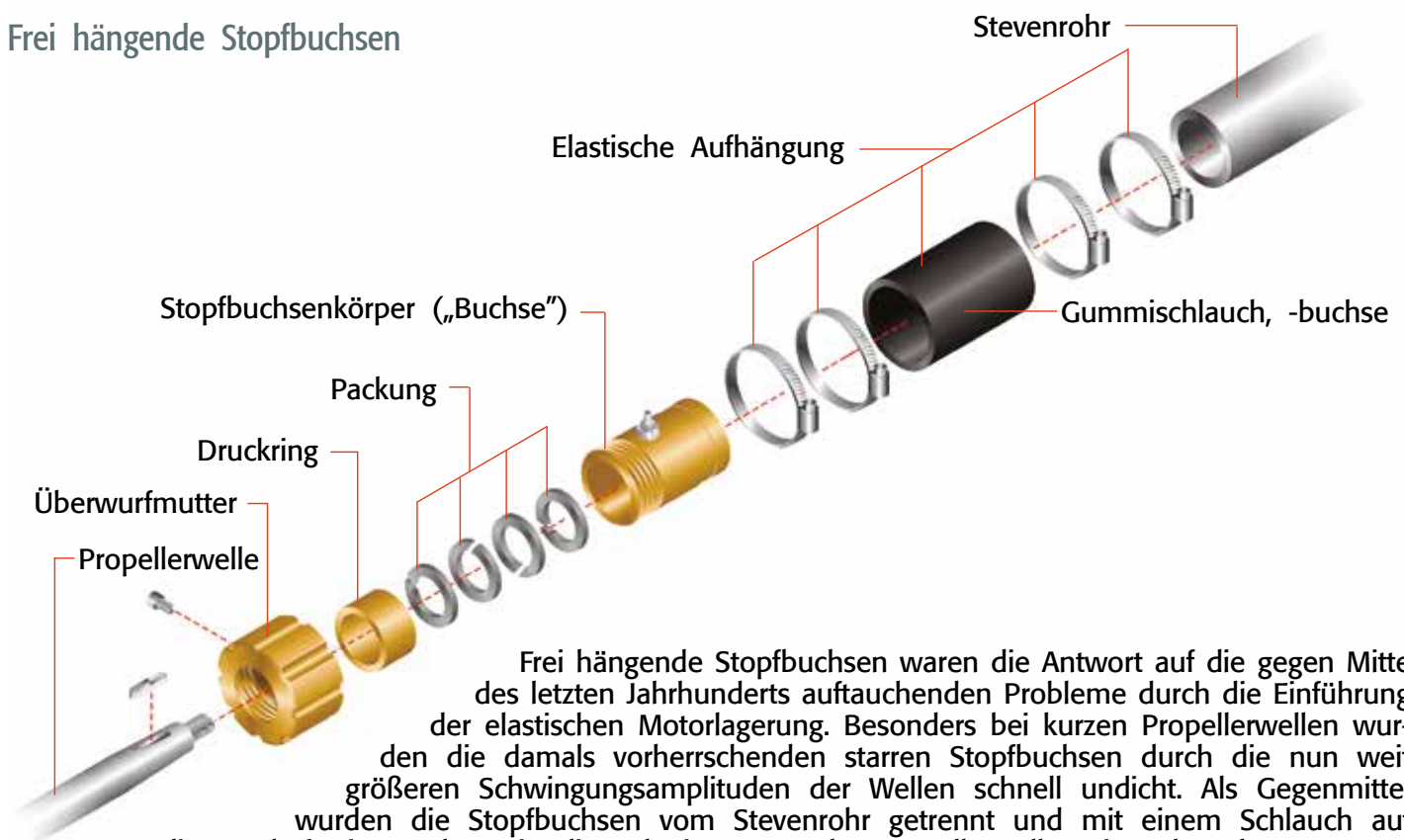
Zu lose Packungen tropfen, zu feste zerstören die Welle. Man zieht die Einstellmuttern daher in der Regel nur so weit an, dass etwa ein Tropfen Wasser je Minute durchgelassen wird. Die Stopfbuchse darf auch nach dem Einsetzen einer neuen Packung nicht heißer als handwarm werden, ansonsten muss der Druck reduziert werden. Eine völlige Wasserdichtheit ist mit diesen Dichtungen auf Dauer nicht zu erreichen.

Damit blieb auch der zweite Nachteil dieser historischen Konstruktion erhalten, der darin bestand, dass die beiden Schrauben, die zum Nachstellen betätigt werden mussten, stets um die gleiche Zahl Umdrehungen gedreht werden mussten, damit sich die Brille nicht verkantete und die Welle beschädigte.

In der Folge gab es dann Stopfbuchsen, bei denen die Brille durch eine Art Überwurfmutter ersetzt wurde, die ein zentrales Nachziehen der Packung ermöglichte. Diese Form ist auch heute noch im Handel erhältlich und hat, wie alle Dichtungen, die mit Packungen arbeiten, gegenüber allen anderen Arten der Stevenrohrdichtung den unschätzbaren Vorteil, dass sie fast überall auf der Welt mit Bordmitteln instandgesetzt werden kann. Dazu wird lediglich die alte Packung aus der Buchse herausgepult und durch eine neue ersetzt.

Der zweite große Vorteil liegt, wiederum im Gegensatz zu allen anderen Dichtungen, darin, dass die Welle bis zum Anschlag nach achtern geschoben werden kann, ohne dass das Schiff aus dem Wasser muss. Dies ist ganz praktisch, wenn das Schiff ein wenig größer ist, also nicht an jedem Slip aus dem Wasser geholt werden kann und man etwa die Dämpferplatte oder das Getriebe ausbauen muss. Daher findet man diese urtümliche Form der Stevenrohrabdichtung immer noch an vielen, auch neueren ernsthaften Fahrtenschiffen.

## Frei hängende Stopfbuchsen



Frei hängende Stopfbuchsen waren die Antwort auf die gegen Mitte des letzten Jahrhunderts auftauchenden Probleme durch die Einführung der elastischen Motorlagerung. Besonders bei kurzen Propellerwellen wurden die damals vorherrschenden starren Stopfbuchsen durch die nun weit größeren Schwingungsamplituden der Wellen schnell undicht. Als Gegenmittel wurden die Stopfbuchsen vom Stevenrohr getrennt und mit einem Schlauch auf diesem befestigt, sodass sie die Schwingungen der Propellerwelle mitmachen konnten und die Packung kaum zusätzlich beansprucht war.

Die Packung wurde bei diesen Stopfbuchsen oft mit einer Art Überwurfmutter unter Druck gesetzt, sodass die bei der Brillenausführung gegebene Gefahr des Verkantens durch ungleichmäßiges Anziehen der Muttern gebannt war. Auch hier wurde die Packung mit Fett geschmiert, während die Wellenlagerung oft wassergeschmiert war.

Schwachpunkt dieser Anordnung ist – neben der Gefahr durch zu starkes Anziehen der Einstellmutter –, die Befestigung auf dem Stevenrohr; Gummi altert und reißt irgendwann, sodass der Schlauch und die Schellen regelmäßig erneuert werden müssen.

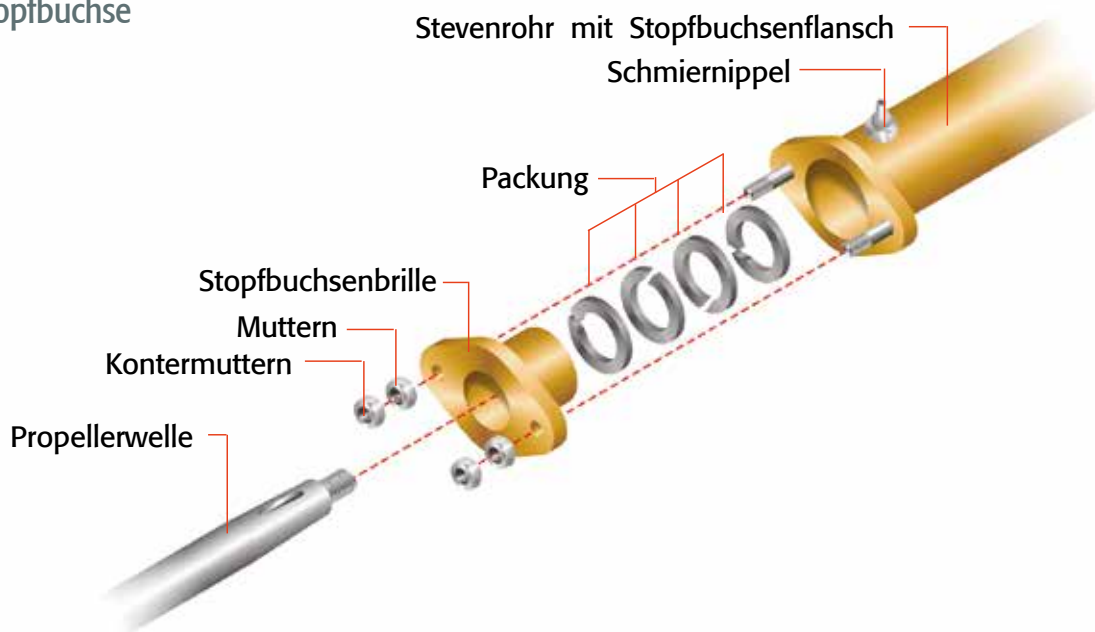
# Wellenanlagen

Stopfbuchsenbrille eingestellt werden kann. Diese Anordnung stellt die klassische Form eines Kompromisses dar; ist der Anpressdruck zu niedrig, kommt vermehrt Wasser durch, ist der Druck zu hoch, erhitzt sich das Ganze und die Welle läuft ein. Es lässt sich daher mit einer herkömmlichen Stopfbuchse keine absolute Dichtheit erzielen, da immer ein wenig Wasser, auch zur Kühlung, zwischen Welle und Packung den Weg in das Schiff findet.

Ursprünglich war die Stopfbuchse ein Bestandteil des Stevenrohrs und daher starr mit diesem verbunden. Dies ging so lange gut, wie die Motoren ebenfalls starr gelagert waren und die Schwingungsweiten der Propellerwelle daher eng begrenzt war. Als dann im Zuge der Komfortsteigerung die Motoren immer weicher gelagert wurden, deren Schwingungen und damit die der Propellerwelle also immer weiter wurden, waren starre Stopfbuchsen bald überfordert. Vor allem, wenn der Abstand zwischen Getriebe und Stopfbuchse gering war, schlugen die Packungen schneller aus, als man sie nachstellen konnte. Auch die Einführung eines zweiten Wellenlagers unmittelbar hinter der Stopfbuchse führte in diesen Fällen nur vorübergehend zum Erfolg: Die Zeit war reif für eine Dichtung, die ebenso elastisch aufgehängt war wie der Motor.

Die ersten Exemplare dieser Art sahen aus wie eine konventionelle Stopfbuchse, die vom Stevenrohr abgesägt und mittels eines kurzen Schlauches auf diesem befestigt worden war.

## Feste Stopfbuchse



Feste Stopfbuchsen sind die älteste Art der Propellerwellenabdichtung. Eine so genannte Packung, die aus mehreren hintereinander angeordneten ringförmigen Dichtschnüren besteht, wird in einer Ausdehnung des Stevenrohrs durch die Stopfbuchsenbrille zusammengepresst. Der Anpressdruck wird von den Befestigungsschrauben der Stopfbuchsenbrille erzeugt, deren Einstellung gleichmäßig und mit Gefühl erfolgen muss, damit die Dichtwirkung der Stopfbuchse erhalten bleibt.

Üblicherweise sind feste Stopfbuchsen fettgeschmiert; das Fett wird entweder über Schmiernippel, oder bei aufwändigeren Anlagen, mittels eines Vorratsschmierers in die Packung gedrückt.

Der Abstand zwischen Getriebeflansch und Stopfbuchse sollte im Idealfall dem vierzigfachen Wellendurchmesser entsprechen; steht der Motor zu nahe an der Dichtung, führen die durch die Welle übertragenen Motorschwingungen zu einem vorzeitigen Ausschlagen der Packung und somit zu Undichtheiten.

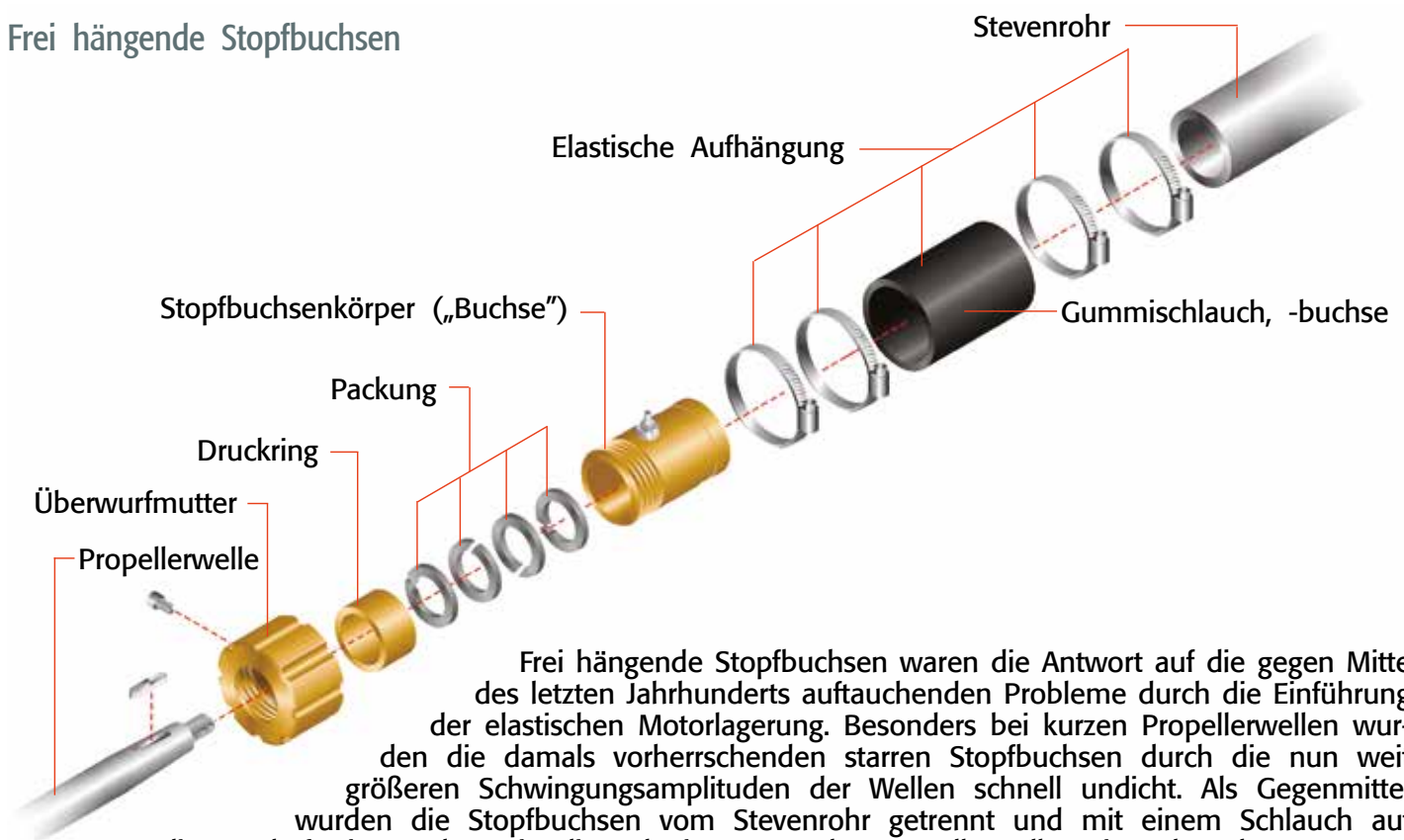
Zu lose Packungen tropfen, zu feste zerstören die Welle. Man zieht die Einstellmuttern daher in der Regel nur so weit an, dass etwa ein Tropfen Wasser je Minute durchgelassen wird. Die Stopfbuchse darf auch nach dem Einsetzen einer neuen Packung nicht heißer als handwarm werden, ansonsten muss der Druck reduziert werden. Eine völlige Wasserdichtheit ist mit diesen Dichtungen auf Dauer nicht zu erreichen.

Damit blieb auch der zweite Nachteil dieser historischen Konstruktion erhalten, der darin bestand, dass die beiden Schrauben, die zum Nachstellen betätigt werden mussten, stets um die gleiche Zahl Umdrehungen gedreht werden mussten, damit sich die Brille nicht verkantete und die Welle beschädigte.

In der Folge gab es dann Stopfbuchsen, bei denen die Brille durch eine Art Überwurfmutter ersetzt wurde, die ein zentrisches Nachziehen der Packung ermöglichte. Diese Form ist auch heute noch im Handel erhältlich und hat, wie alle Dichtungen, die mit Packungen arbeiten, gegenüber allen anderen Arten der Stevenrohrdichtung den unschätzbaren Vorteil, dass sie fast überall auf der Welt mit Bordmitteln instandgesetzt werden kann. Dazu wird lediglich die alte Packung aus der Buchse herausgepult und durch eine neue ersetzt.

Der zweite große Vorteil liegt, wiederum im Gegensatz zu allen anderen Dichtungen, darin, dass die Welle bis zum Anschlag nach achtern geschoben werden kann, ohne dass das Schiff aus dem Wasser muss. Dies ist ganz praktisch, wenn das Schiff ein wenig größer ist, also nicht an jedem Slip aus dem Wasser geholt werden kann und man etwa die Dämpferplatte oder das Getriebe ausbauen muss. Daher findet man diese urtümliche Form der Stevenrohrabdichtung immer noch an vielen, auch neueren ernsthaften Fahrtenschiffen.

## Frei hängende Stopfbuchsen



Frei hängende Stopfbuchsen waren die Antwort auf die gegen Mitte des letzten Jahrhunderts auftauchenden Probleme durch die Einführung der elastischen Motorlagerung. Besonders bei kurzen Propellerwellen wurden die damals vorherrschenden starren Stopfbuchsen durch die nun weit größeren Schwingungsamplituden der Wellen schnell undicht. Als Gegenmittel wurden die Stopfbuchsen vom Stevenrohr getrennt und mit einem Schlauch auf diesem befestigt, sodass sie die Schwingungen der Propellerwelle mitmachen konnten und die Packung kaum zusätzlich beansprucht war.

Die Packung wurde bei diesen Stopfbuchsen oft mit einer Art Überwurfmutter unter Druck gesetzt, sodass die bei der Brillenausführung gegebene Gefahr des Verkantens durch ungleichmäßiges Anziehen der Muttern gebannt war. Auch hier wurde die Packung mit Fett geschmiert, während die Wellenlagerung oft wassergeschmiert war.

Schwachpunkt dieser Anordnung ist – neben der Gefahr durch zu starkes Anziehen der Einstellmutter –, die Befestigung auf dem Stevenrohr; Gummi altert und reißt irgendwann, sodass der Schlauch und die Schellen regelmäßig erneuert werden müssen.

# Propeller

Der Einfluss des Durchmessers auf den Wirkungsgrad scheint fast offensichtlich: Schon von der reinen Anschauung ist es wesentlich günstiger, eine große Wassermenge mit einem großen Propeller ein wenig zu beschleunigen als mit einem kleinen Propeller eine kleine Wassermenge auf eine hohe Geschwindigkeit zu bringen. Eine Analogie – die zwar streng physikalisch betrachtet, ein wenig hinkt, aber das Prinzip gut darstellt – ist der Vergleich zwischen einem Kinderfahrrad (viel treten für wenig Strecke) und einem ausgewachsenen 28-Zoll-Fahrrad (wenig strampeln für lange Strecken).

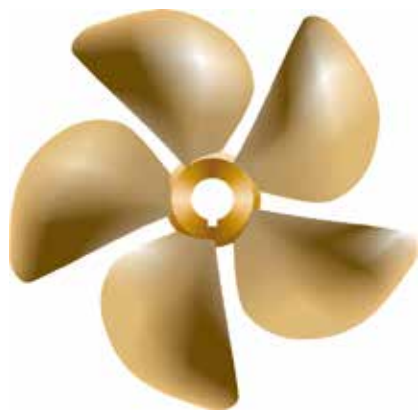
Man könnte nun versucht sein, den Propeller so groß wie möglich zu wählen. In einem Seminar zu diesem Thema hatte ich als Beispiel vorgeschlagen, den Rotor eines Hubschraubers unter den Rumpf zu montieren. Dieser würde, in der richtigen Position montiert, tatsächlich den optimalen Propeller darstellen: Der Durchmesser wäre tatsächlich riesig, die Flügelprofile lang und schmal, und er bräuchte nur ganz langsam zu drehen.

Abgesehen davon, dass dabei die Gefahr besteht, dass sich die Yacht um den Propeller dreht, lässt sich dieser Vorschlag schon aus diversen rein praktischen Gründen nicht umsetzen. Da gibt es zum Beispiel eine Außenhaut des Rumpfes, die vom Propeller einen bestimmten Abstand einhalten sollte. Bei jeder Umdrehung erzeugt der Propeller im Wasser Druckschwankungen und Geräusche, die bei mangelndem Abstand zur Außenhaut in den Rumpf eingeleitet

---

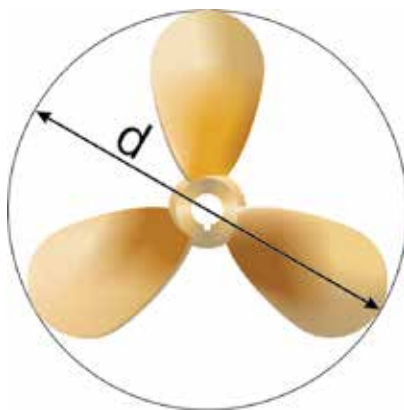
## Propellereigenschaften

### Flügelzahl



Die Flügelzahl ist die erste grundlegende Größe eines Propellers und kann sehr einfach durch Zählen bestimmt werden. Bevorzugt werden Propeller mit ungeraden Flügelzahlen, da diese ruhiger laufen. Früher galt, dass der Wirkungsgrad mit zunehmender Flügelzahl abnimmt. Dies trifft heute für angepasste Propeller nicht mehr zu.

### Durchmesser



Die Angabe des Durchmessers bezieht sich auf den Kreis, den die Flügel bei der Drehung bestreichen. Diese etwas umständlich Formulierung resultiert daraus, dass man den Durchmesser eines Propellers mit ungeraden Flügelzahlen nicht direkt über die Flügelspitzen messen kann. Der Durchmesser in Verbindung mit dem Flügelflächenanteil bestimmt die Leistung des Propellers.

### Steigung



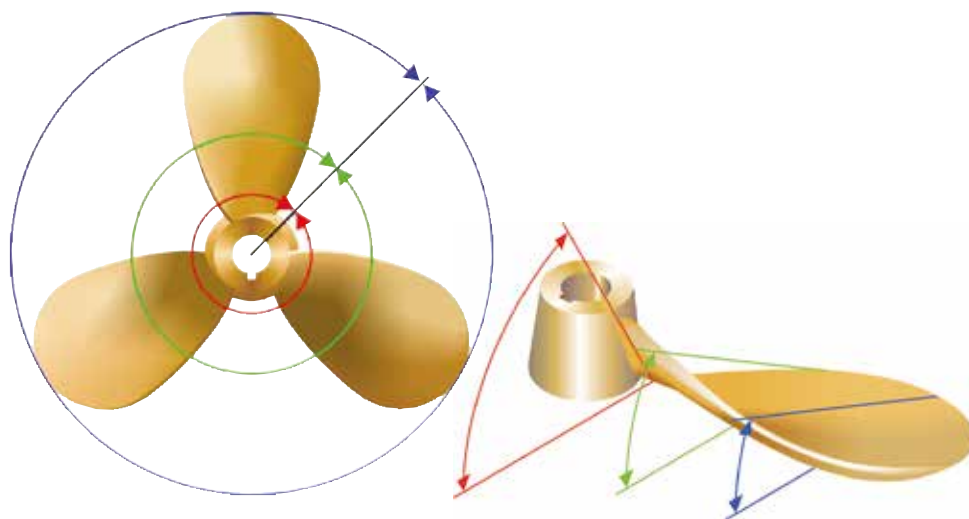
Steigung: Der Weg  $s$ , den der Propeller bei einer Umdrehung durch ein festes Medium zurücklegen würde. Sie bestimmt hauptsächlich die Geschwindigkeit bei gegebenem Rumpf, Motor und Getriebe. Sie ist ein virtueller Wert und kann nicht direkt am Propeller gemessen werden. Alternative: Siehe rechts.

werden. Als „mangelnder Abstand“ wird in der Großschifffahrt alles angesehen, was unter 30 Prozent des Propellerdurchmessers fällt. Nur in Ausnahmefällen, zum Beispiel einem sehr guten Nachstrom (weitgehend laminare Strömung im hinteren Rumpfbereich), kann man den so genannten „Freischlag“ auch mal auf 27 bis 28 Prozent verringern.

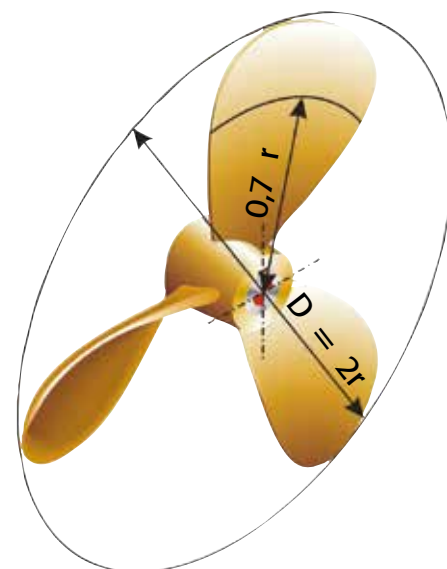
Im Yachtbereich sieht man den Freischlag - im wörtlichen Sinne - nicht ganz so eng. Hier werden, abhängig von der Propellerwellendrehzahl, allgemein 8 bis 15 Prozent als ausreichend angesehen (siehe Tabelle), in älteren Entwürfen, hauptsächlich Langkielern, müssen die Propeller jedoch oft im einstelligen Prozentbereich arbeiten.

Der Grund dafür liegt hier darin, dass diese vor einigen Jahrzehnten gebauten Yachten ursprünglich mit aus heutiger Sichtweise wirklichen „Hilfsmotoren“ ausgestattet waren, die weniger dem Vortrieb als der Unterstützung von Hafenmanövern dienten. Hier kam man - entsprechend der verhältnismäßig kleinen Leistung der Motoren - mit kleinen Propellern aus. Darauf waren auch die Propellerbrunnen - Öffnungen in Ruder und Kiel, die den Propeller aufnehmen - ausgelegt. Wurden nun die Originalmotoren ersetzt, wählte man häufig einen moderneren Motor, der bei gleichen Hauptabmessungen deutlich mehr Leistung brachte (hier kam dann oft der Begriff „Sicherheitsreserve“ ins Spiel) und daher einen größeren Propeller benötigte.

Anstellwinkel



Steigung messen



Mit zunehmendem Abstand zur Nabe muss der Anstellwinkel der Flügel kleiner werden, damit alle Teile des Flügels bei einer Umdrehung den gleichen Weg durch das Wasser zurücklegen. Sie kann nicht direkt gemessen werden, da sich der Winkel der Flügel zur Propellerachse über die Länge des Flügels verändert. Dies liegt daran, dass der Durchmesser des Kreises, den die Flügelspitzen bei einer Umdrehung bestreichen, größer ist als der Durchmesser des Kreises der Flügelwurzel. Um dies auszugleichen, muss der Anstellwinkel an der Flügelwurzel größer sein als an der Spitze, damit beide Teile den selben Weg in der Fortschrittsrichtung des Propellers zurücklegen können. Will man die Steigung über den Anstellwinkel der Flügel bestimmen, sollte man den Winkel in einem Abstand von 70 Prozent des Radius von der Nabenmitte messen – das Ergebnis ist allerdings mit Vorsicht zu verwenden! Der rechnerische Zusammenhang ist im Text dargelegt.



# Lenzanlagen

## Kraftbetriebene Pumpen

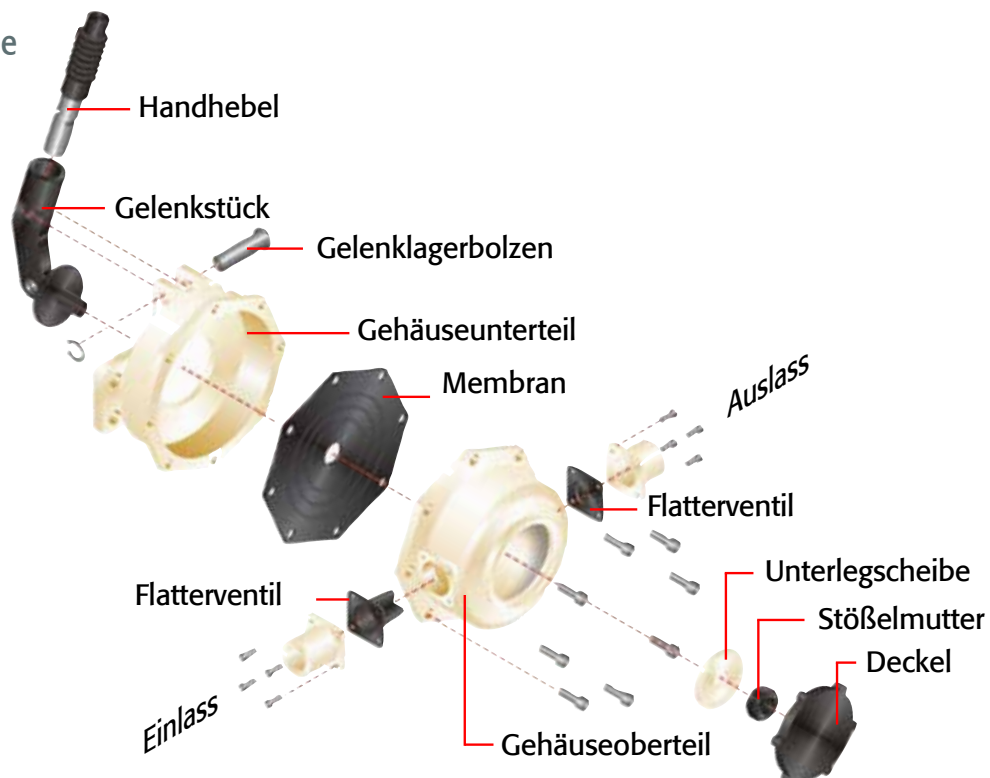
Hierzu gehören Pumpen mit eigenem Elektromotor, von der Hauptmaschine angetriebene Pumpen und hydraulisch angetriebene Pumpen. Es gibt sie als Flügelrad-, Impeller-, Membran- und Sternflügelradpumpen.

Die technischen Eigenschaften und damit die Eignung für den Einsatz in Lenzanlagen erstrecken sich über ein weites Spektrum. Motorbetriebene Membranpumpen werden mit unterschiedlichsten Konzepten und Leistungen angeboten. Die Palette reicht von Mehrkammerpumpen mit verhältnismäßig geringen Förderleistungen, die den Wasserpumpen unserer Trinkwassersysteme entlehnt sind, bis zu voluminösen Handpumpen mit aufgesetztem Elektromotor. Im Vergleich mit den anderen Pumpentypen sind die Förderleistungen der Membranpumpen nicht gerade berauschend, sie bewegen sich im Bereich von etwa 10 bis 70 Litern je Minute, der Strombedarf der größeren Ausführungen ist dabei verhältnismäßig groß. Er kann bei 12 Volt bis zu 50 Ampere betragen. Allerdings sind diese Pumpen dann auch in der Lage, größere Fremdkörper zusammen mit dem Bilgenwasser nach draußen zu befördern. Dies in Verbindung mit ihrer Robustheit verschafft diesem Pumpentyp trotz der Nachteile, die sich aus dem hohen Stromverbrauch ergeben (Schaltung in der Regel über Relais, Kabelquerschnitte bis 16 Quadratmillimeter) eine gewisse Daseinsberechtigung.

Diese Pumpen müssen deutlich oberhalb des zu erwartenden Wasserspiegels im Schiff und gut zugänglich eingebaut werden. Sie sind selbstansaugend und vertragen in der Regel auch längere Trockenlaufzeiten. Siebe an den Saugköpfen sind theoretisch überflüssig, es muss jedoch sichergestellt sein, dass der Zulauf in der Bilge nicht durch Teile, die größer sind als der Innendurchmesser der Saugleitung, blockiert werden kann.

---

## Hand-Membranpumpe



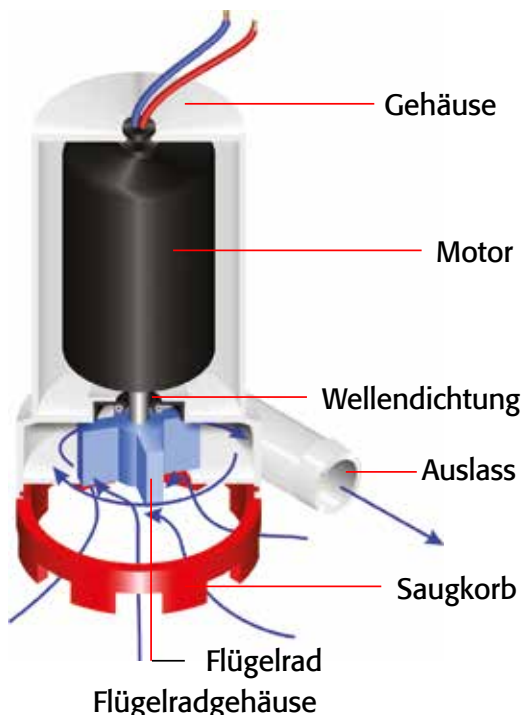
## Tauchpumpen

Tauchpumpen (Flügelradpumpen) benötigen wesentlich weniger Strom und bestehen durch verhältnismäßig hohe Förderleistungen, geringen Installationsaufwand und niedrigen Preis. Sie sind kurzzeitig trockenlaufsicher und können daher in Verbindung mit einem Schwimmerschalter relativ einfach in automatischen Lenzanlagen integriert werden. Mittlerweile gibt es sogar Tauchpumpen mit angebautem elektronischen Schwimmerschalter, die nur noch mit drei Kabeln über ein kleines Schaltpanel an das Bordnetz angeschlossen werden müssen.

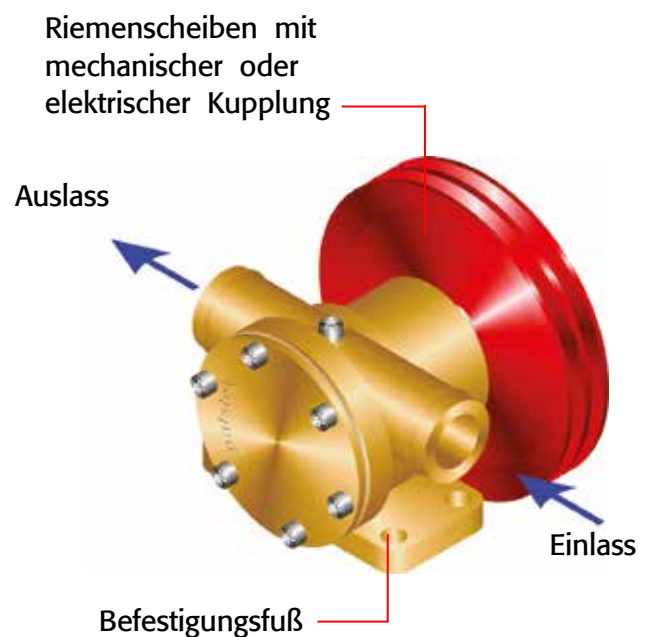
Die meisten dieser Pumpen sind mit einem Sieb ausgestattet, welches dafür sorgen soll, dass das angesaugte Wasser keine Fremdkörper enthält, die die Pumpe lahmlegen können. Dies klappt auch meistens, lediglich lange, dünne Teile wie zum Beispiel Takelgarn gelangen durch die Maschen, wickeln sich um das Flügelrad und legen so die Pumpe still.

Tauchpumpen müssen in dem zu fördernden Wasser stehen; das Flügelrad muss, damit es wirken kann, vom Wasser bedeckt sein. Daraus ergibt sich einer der Nachteile der Tauchpumpen: Die Bilge wird nie ganz trocken, da bis zu 2 Zentimeter Wasser nicht mehr gefördert werden. Bei flachen Bilgen führt das in der Regel dazu, dass doch eine ziemliche Bodenfläche von der Flüssigkeit bedeckt bleibt. Daher findet man in werftgebauten Anlagen oft Tauchpumpen in einem kleinen Lenzbrunnen, wodurch dieser Nachteil keine Auswirkungen hat. Der zweite Nachteil der Tauchpumpen wiegt etwas schwerer: Wie aus der Zeichnung zu ersehen ist, gibt es in diesen Pumpen keine Vorrichtung, die verhindert, dass Wasser aus der Ausgussleitung durch die Pumpe in das Schiff zurückfließt. In Membranpumpen gibt es die Flatterventile, und bei Impellerpumpen sorgt der (intakte) Impeller selbst für eine weitgehende Abdichtung der Leitung bei stillstehender Pumpe. Nicht so bei Tauchpumpen: Wasser, das

### Tauchpumpe



### Impellerpumpe



# Trinkwasseranlagen

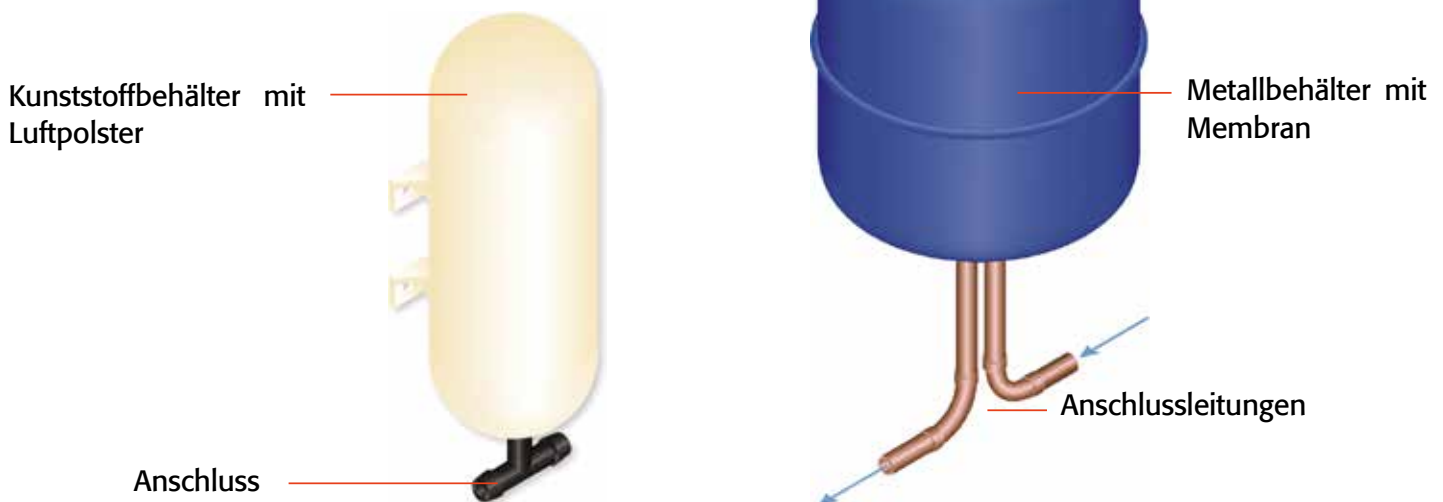
sind aus diesem Grund nicht unbedingt ideale Orte für den Einbau der Tanks, auch wenn dort oft der meiste Platz zur Verfügung steht.

Alle Tanks müssen mit einem Füllstutzen (Nennweite 1 1/2 Zoll oder 38 Millimeter), Entnahmestutzen (Nennweite zwischen 12 und 16 Millimeter) und einem Anschlussstutzen für die Belüftung (Nennweite zwischen 12 und 15 Millimeter) versehen sein. Sie können zusätzlich mit einer Entleerung versehen sein, die an der tiefsten Stelle des Tanks angebracht ist und ein vollständiges Entleeren, etwa zur Einwinterung, ermöglicht. Restwasser, das über längere Zeit im Tank verbleibt, neigt zum Verkeimen und kann im Frühjahr eine langwierige Tankreinigung erforderlich machen.

Eine Öffnung für einen elektrischen Tankgeber ist ebenso sinnvoll wie eine Öffnung, die eine Inspektion oder, bei entsprechender Größe, sogar eine Reinigung des Tankinneren er-

---

## Ausgleichsbehälter



Ausgleichsbehälter sollen einerseits die Pumpe entlasten, andererseits einen gleichmäßigen Wasserfluss aus den Hähnen ermöglichen. Es handelt sich hier um oben geschlossene Behälter, in denen die eingeschlossene Luft durch den Druck der Wasserpumpe so weit komprimiert wird, bis der Luftdruck dem Wasserdruck entspricht. Wird nun Wasser entnommen, dehnt sich zunächst die Luft aus, bis der Einschalt- druck des Druckschalters an der Wasserpumpe erreicht ist und die Pumpe anspringt. Je nach Fassungsvermögen des Ausgleichsbehälters werden die Schaltvorgänge im Druckschalter erheblich verringert, was dessen Lebensdauer weit erhöht.

Bewährt haben sich hier Ausführungen mit metallischen Behältern (rechts), in denen das dämpfende Luftpolster vom Wasser durch eine Membran getrennt ist. Diese Behälter sind in der Regel mit einem Ventil ausgestattet, durch das die Luftkammer mit einem Vordruck versehen werden kann. Damit kann das Luftvolumen optimal an den Druck der Wasserpumpe angepasst werden. Die Behälter sollten eine KTW/DVGW zugelassen sein.

Einfache, kleinvolumige Kunststoffbehälter (links) enthalten keine Membran. Hier grenzen Wasser und Luft direkt aneinander mit der Folge, dass die Luft mit der Zeit im Wasser gelöst wird und somit verschwindet. Diese Behälter müssen, damit deren Funktion gewährleistet ist, daher von Zeit zu Zeit geleert werden.

möglichst. Oft ist der Deckel dieser Öffnung mit allen für die Benutzung des Tanks erforderlichen Stutzen und Öffnungen versehen, sodass nach Lösen weniger Schrauben die gesamte „Tanktechnik“ zugänglich wird.

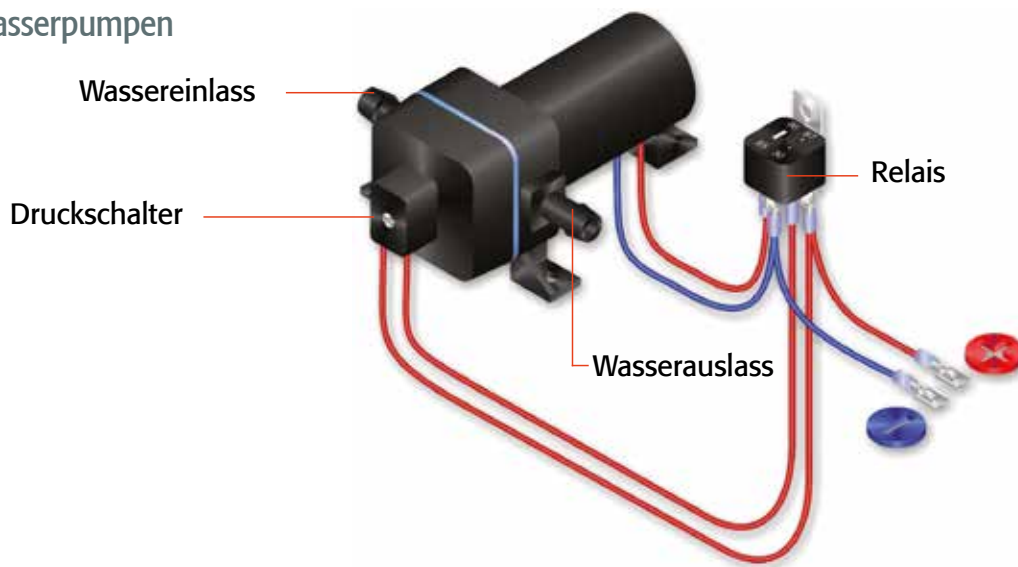
Alle Anschlussleitungen werden in der Regel als Schlauchleitungen mit Schlauchschellen ausgeführt. Dabei sollte man beachten, dass bei entsprechender Höhe des Einfüllstutzens über dem Tank und einer Füllung bis zum Einfüllstutzen der Druck und das Gewicht des Wassers in der Fülleitung zu einer merkbaren mechanischen Beanspruchung der Schlauchverbindungen führen kann. Sinnvollerweise sollten daher zumindest die Anschlüsse des Füllschlauchs mit jeweils zwei Schlauchschellen erfolgen.

## Trinkwasserpumpen

In vielen kleinen Yachten und oft auch auf größeren Langfahrtschiffen wird das Wasser mittels hand- oder fußbetriebener mechanischer Pumpen aus dem Tank geholt. In kleinen Schiffen bietet sich diese Lösung an, da Kosten und Installationsaufwand bei oft nur einer Zapfstelle verhältnismäßig gering sind; auf größeren Schiffen werden diese Pumpen eingesetzt, da der Wasserverbrauch infolge der mit diesen Pumpen verbundenen Anstrengung erheb-

---

## Druckwasserpumpen



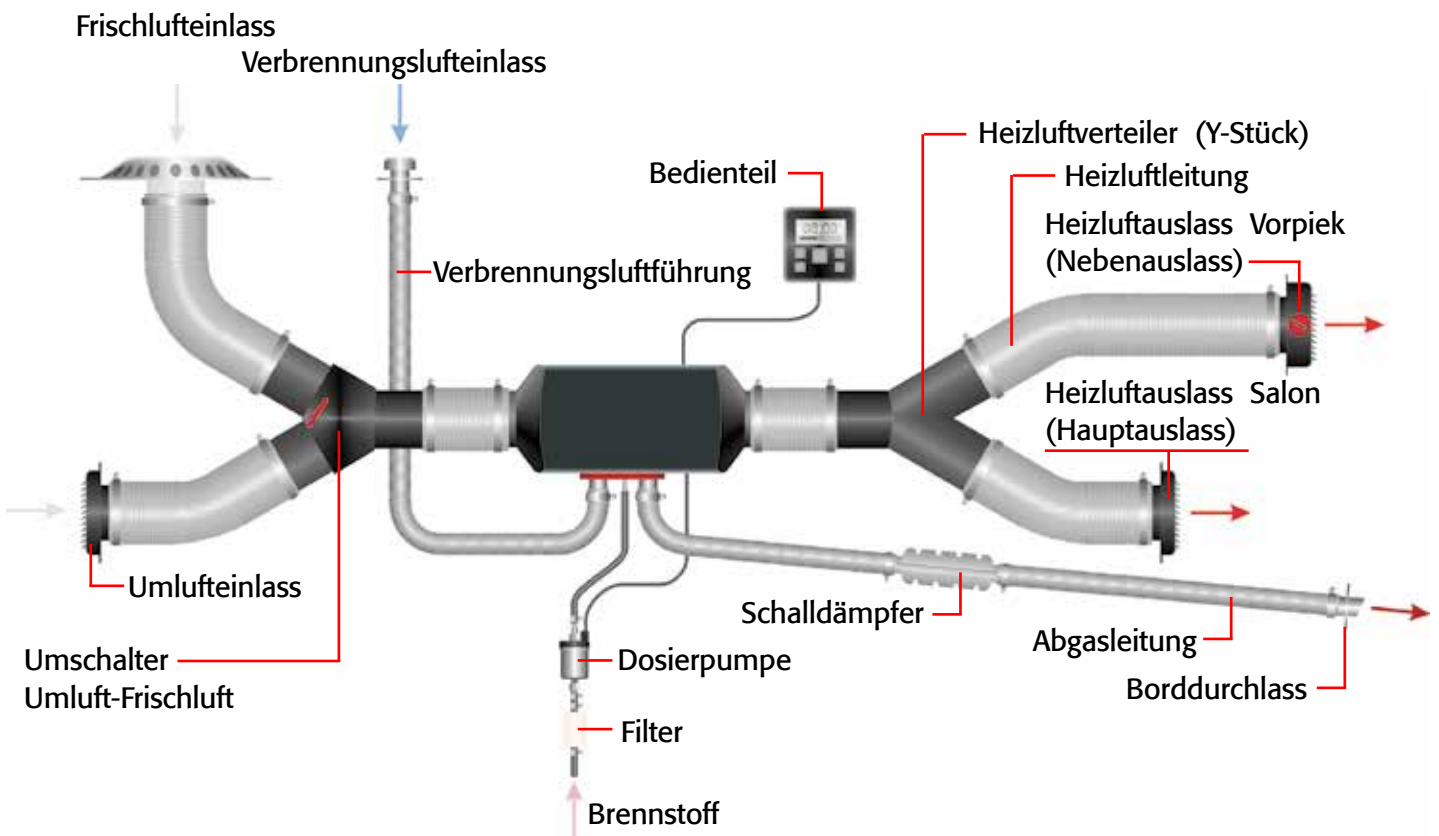
Druckwasserpumpen sind meistens Mehrkolbenpumpen mit zwei oder vier Kolben, die von einer auf der Motorwelle befestigten Taumel- oder Nockenscheibe betätigt werden. Gesteuert werden sie in der Regel von einem Druckschalter, der auf dem Kopf der Pumpe sitzt und an dem sich auch die Steckverbinder für den elektrischen Anschluss befinden. Die Pumpen selber sind, wenn sie mit halbwegs sauberem Wasser betrieben werden, verhältnismäßig robust; die meisten Ausfälle entstehen durch ein Versagen des Druckschalters, der in vielen Pumpen schlicht unterdimensioniert ist. In der Praxis kommen hier sowohl nicht mehr schließende (Pumpe läuft nicht an) als auch nicht mehr öffnende Kontakte (Pumpe wird nicht mehr ausgeschaltet) vor. Letzteres kann, besonders in Verbindung mit einem Warmwasserbereiter, sehr unangenehme Folgen haben, da der Druck im System sehr hohe Werte annehmen kann. Eine gewisse Ausfallsicherheit lässt sich dadurch erreichen, indem man den Pumpenmotor nicht direkt vom Druckschalter, sondern über ein zwischengeschaltetes Relais ansteuert. Die hohen Anlaufströme fließen dann nicht über die kleinen Kontakte des Druckschalters, sondern über die Arbeitskontakte des Relais, welches für diese Ströme wesentlich besser ausgelegt ist.

# Heizung

angepasst, wodurch eine ziemlich saubere Verbrennung ermöglicht wird. Zumindest, solange der Gebläsemotor einwandfrei funktioniert.

Mit dem von einem Gleichstrommotor angetriebenen Gebläse wird die Verbrennungsluft in den Brennraum gefördert, dort mit dem zerstäubten Brennstoff gemischt und das Gemisch entzündet. Beim Anlaufen der Heizung tritt ein Glühstab in Aktion, der mittlerweile die stromfressenden und anfälligen Glühwendeln ersetzt hat. Hat das Gemisch gezündet, wird der Glühstab nach einigen Sekunden abgeschaltet.

## Luftheizungsschema



Der Brennstoff sollte möglichst mit einer eigenen Leitung aus dem Tank entnommen werden. Eine Entnahme aus der Motorkraftstoffleitung - mit einem T-Stück - ist theoretisch möglich, führt in der Praxis jedoch oft zu Störungen im Motorbetrieb. Falls vorhanden, sollte die Dosierpumpe möglichst elastisch montiert werden, damit sich deren Ticken nicht auf den Rumpf überträgt.

Die Abgasleitung sollte fallend bis zum Borddurchlass verlegt sein. Ist dies nicht möglich, muß an der niedrigsten Stelle ein Kondensatsammler eingefügt werden. Die Temperatur der Leitung kann beträchtliche Werte annehmen, daher sollten längere Leitungsabschnitte mit einer Isolierung versehen sein. Ein Schalldämpfer sollte auf jeden Fall eingefügt werden.

Die Verbrennungsluft darf nicht aus dem „Wohnbereich“ entnommen werden. Wird das Heizgerät in einen schlecht belüfteten Raum eingebaut, muß die Verbrennungsluft mit einer separaten Leitung von aussen zugeführt werden.

Der Hauptauslass der Heizanlage (im Beispiel der Auslass im Salon) darf nicht verschließbar sein. Die Nebenauslässe können mit Klappen versehen sein, mit denen die Raumtemperatur grob geregelt werden kann.

Soll die Anlage auch im Umluftbetrieb laufen, muß in der Frischluftzufuhr ein umschaltbares Y-Stück eingefügt werden, mit dem von Aussenluft auf Innenluft umgeschaltet werden kann.

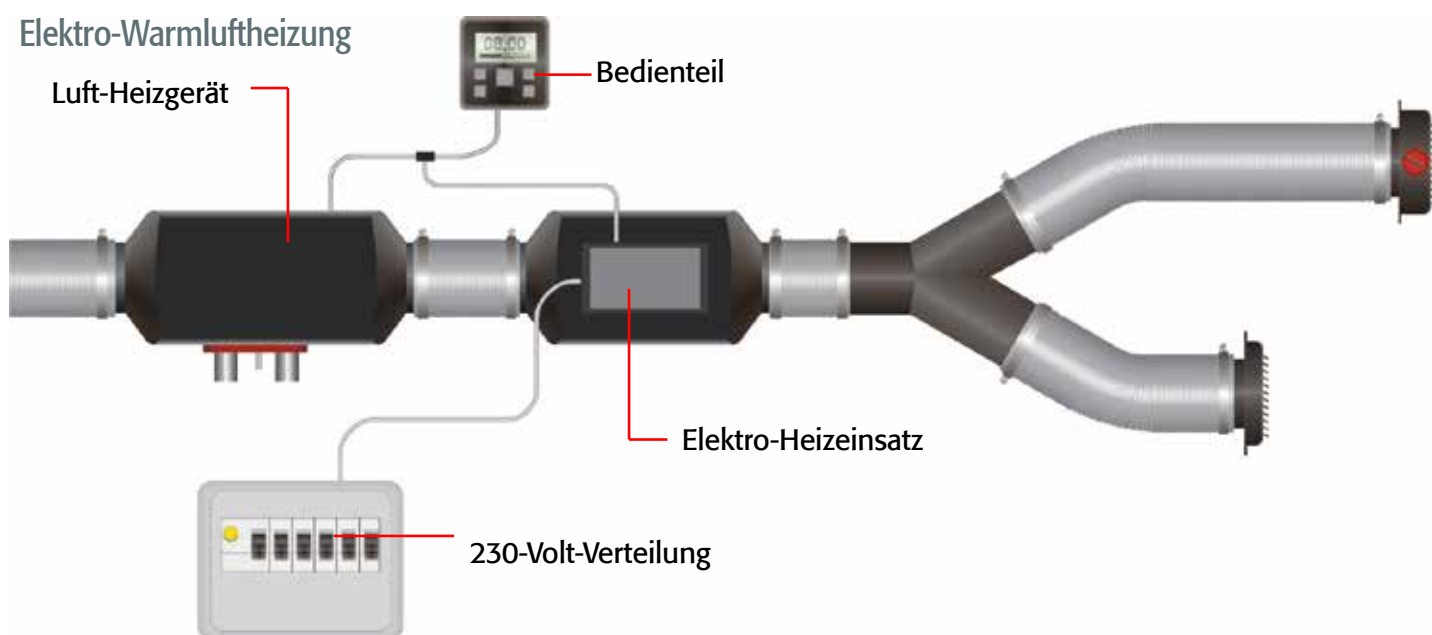
Sowohl Luft- als auch Wasserheizgeräte arbeiten mit Wärmetauschern. Es besteht im Gerät daher keine Verbindung zwischen dem Verbrennungsluft- und dem Heizkreislauf. Unter normalen Betriebsbedingungen ist es daher auch bei Luftheizgeräten nicht möglich, dass Abgase mit der Warmluft in die zu beheizenden Räume gelangen.

Die Verbrennungsluft darf nicht aus den beheizten Räumen entnommen werden; wird das Gerät in eine Backskiste eingebaut, deren Deckel nicht abgedichtet ist und genügend freien Durchlass für die erforderliche Luftmenge bietet, ist keine separate Verbrennungsluftführung nötig. Wird das Gerät hingegen in einen gegen den Salon nicht abgedichteten Motorraum oder sogar in der Pantry eingebaut, muss die Verbrennungsluft durch einen eigenen Schlauch und eine Decksdurchführung von außen angesaugt werden.

Die Abgasleitung sollte so kurz wie möglich und fallend verlegt werden. Im Lieferumfang der meisten Heizgeräte ist ein Abgasschalldämpfer enthalten, der auch eingesetzt werden sollte. Die Temperatur der Abgasrohre kann mehrere hundert Grad Celsius erreichen, daher müssen zu brennbaren Gegenständen Mindestabstände eingehalten werden, in der Regel 200 Millimeter. Längere Abgasleitungen sollten mit einem geeigneten Material isoliert werden.

Kann die Leitung nicht durchgehend fallend verlegt werden, zum Beispiel bei einem Einbau im Maschinenraum und einer Abgasführung durch das Deck, muss an der tiefsten Stelle der Leitung ein Kondensatsammler eingefügt werden. Auch wenn es in der Praxis kaum vorkommen wird, kann sich in dem Rohr theoretisch Kondenswasser bilden und ansammeln.

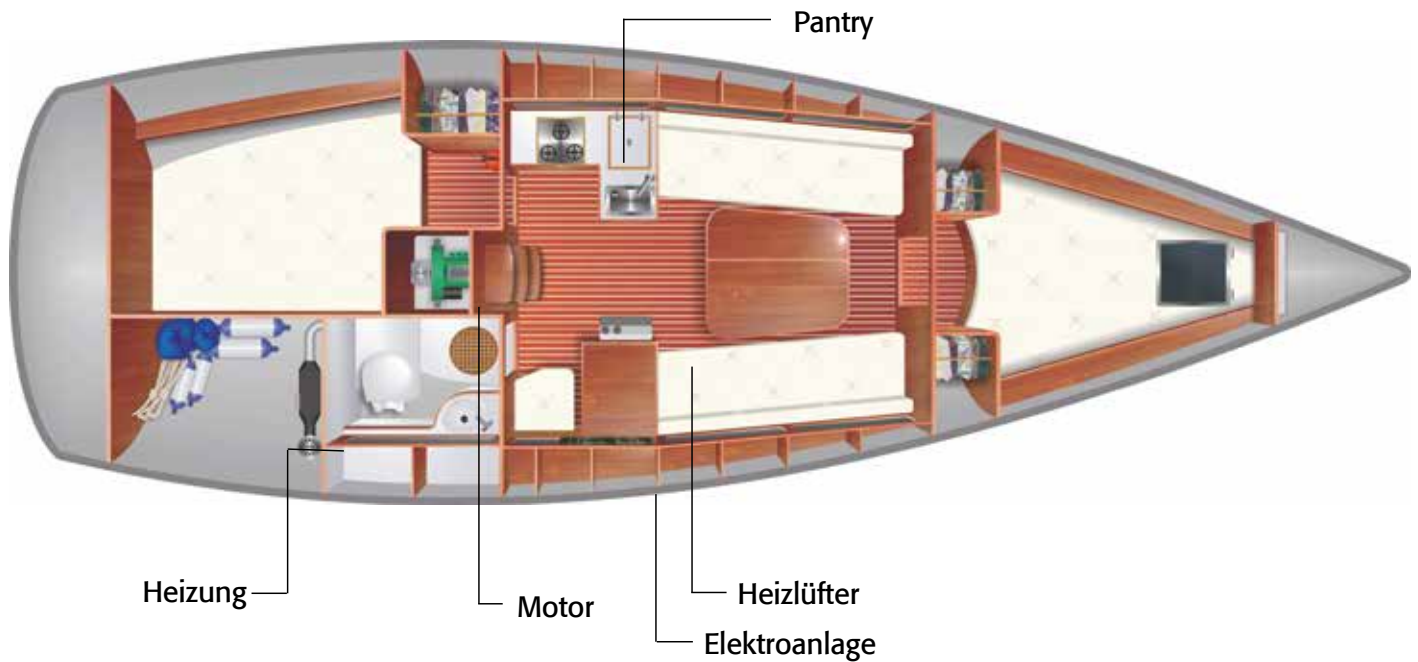
Der Brennstoff sollte über einen eigenen Entnahmestutzen aus dem Tank entnommen werden. Ab und zu findet man den Vorschlag, die Kraftstoffleitung des Motors mit einem T-Stück anzuzapfen - dies erspare den aufwändigen Einbau des Stutzens in den Tank. Diese in Kraftfahrzeugen üblich Praxis funktioniert in Schiffen oft nicht. Je nach Einspritzpumpe und relativen Lage des Tanks kann der Motor Luft ziehen und reagiert mit Betriebsstörungen, vor allem beim Starten nach längerer Stillstandszeit.



Für einige Luftheizgeräte sind elektrische Zusatzheizelemente erhältlich. Diese werden mit dem Bedienteil der Heizung gesteuert und liefern Wärme, sobald Landstrom zur Verfügung steht. Das Gebläse des Heizgeräts sorgt dabei für den Transport der Warmluft.

# Brandschutz

## Brandherde



Erfahrungsgemäß lassen sich fast alle Brände an Bord auf wenige Brandherde zurückführen. Eine große Rolle spielt dabei die Pantry, besonders, wenn flüssige Brennstoffe verwendet werden. Dementsprechend enthält die ISO 9094 detaillierte Vorgaben dazu, wo und in welchem Umfang brennbare Materialien in der Umgebung des Herdes verwendet werden dürfen. Zudem muss ein Feuerlöscher in der Nähe der Feuerstelle – maximale Entfernung 2 Meter – so angebracht sein, dass er auch bei einem Brand in der Umgebung der Feuerstelle erreichbar ist.

Spitzenreiter bei den Brandursachen sind jedoch nach wie vor Fehler in elektrischen Anlagen. Hier legt die ISO 9094 lediglich fest, dass diese nach DIN EN ISO 13297-2020 ausgeführt sein müssen. Wird diese Forderung erfüllt, kann man in der Regel davon ausgehen, dass Brände durch zu kleine Kabelquerschnitte oder fehlende Absicherungen ausgeschlossen sind. Nicht in Betracht gezogen wird dabei jedoch die Alterung, die auch vor der Bordelektrik nicht halt macht: Korrodierte Kabelanschlüsse, brüchige Isolationen oder sich lösende Anschlüsse können auch in fachgerecht ausgeführten Anlagen zu Übergangswiderständen oder Funkenbildung führen, die unter den entsprechenden Rahmenbedingungen einen Großbrand auslösen können.

Dies trifft besonders auf Kabel und Leitungen am Motor zu. Diese sind nicht nur Vibrationen und Temperaturwechseln ausgesetzt, sondern teilweise obendrein nicht abgesichert. So ist es nach DIN EN ISO 13297 nicht unbedingt erforderlich, dass die Hauptzuleitung von der Starterbatterie zum Motor abgesichert ist. Kommt es hier zu einem Kurzschluss, ist ein Kabelbrand kaum zu vermeiden. Detaillierter wird die ISO 9094 in Bezug auf die Abgasanlage des Motors: Hier fordert sie für wassergekühlte Abgasanlagen eine Überwachung der Seewassereinspritzung.

Fest eingebaute Heizungsanlagen sind im allgemeinen sehr sicher – wenn sie fachgerecht eingebaut sind und richtig bedient werden. Ein erhöhtes Brandrisiko kann entstehen, wenn einzelne Heizluftschläuche in ihrem Verlauf abgeknickt werden. Die Heizgeräte sind jedoch im allgemeinen mit einer Sicherung ausgestattet, die das Gerät abschaltet, bevor die Temperatur der Heizungsluft bedrohliche Werte annehmen kann (Abschalttemperatur in der Regel  $<90$  Grad Celsius). Brandgefährlich sind hingegen die Abgasleitungen; diese können bereits im Normalbetrieb einige hundert Grad heiß werden. Liegen keine entsprechenden Angaben des Geräteherstellers vor, dürfen nach ISO 9094 daher in einem Abstand bis zu 600 Millimetern von der Oberfläche der Leitungen keine entflammbar Werkstoffe vorhanden sein. Alternativ müssen die Abgasleitungen isoliert ausgeführt sein.

Heizlüfter, die gerne im Winterlager für eine schnelle Erwärmung des Yachtinneren eingesetzt werden, sind an unverhältnismäßig vielen Bränden ursächlich beteiligt. Da diese jedoch nicht zur festen Einrichtung gehören und deren umsichtige Verwendung gesunden Menschenverstand erfordert, sind sie nicht in der Norm erwähnt.

# Korrosionsbeständigkeit

Keine Prüfvorschriften, ebenso wenig Forderungen in Bezug auf Werkstoffe, keine Angaben darüber, was denn nun mit „Festigkeit“ gemeint ist. Das Wort „Korrosion“ kommt in diesem Dokument nicht vor.

Dieser kurze Ausflug in die Welt der europäischen Direktiven war nötig, um zu verstehen, weshalb Borddurchlässe in Yachten eingebaut werden, deren einziges Prüfkriterium darin besteht, nach 5 Jahren Einsatz einem strengen Blick standzuhalten.

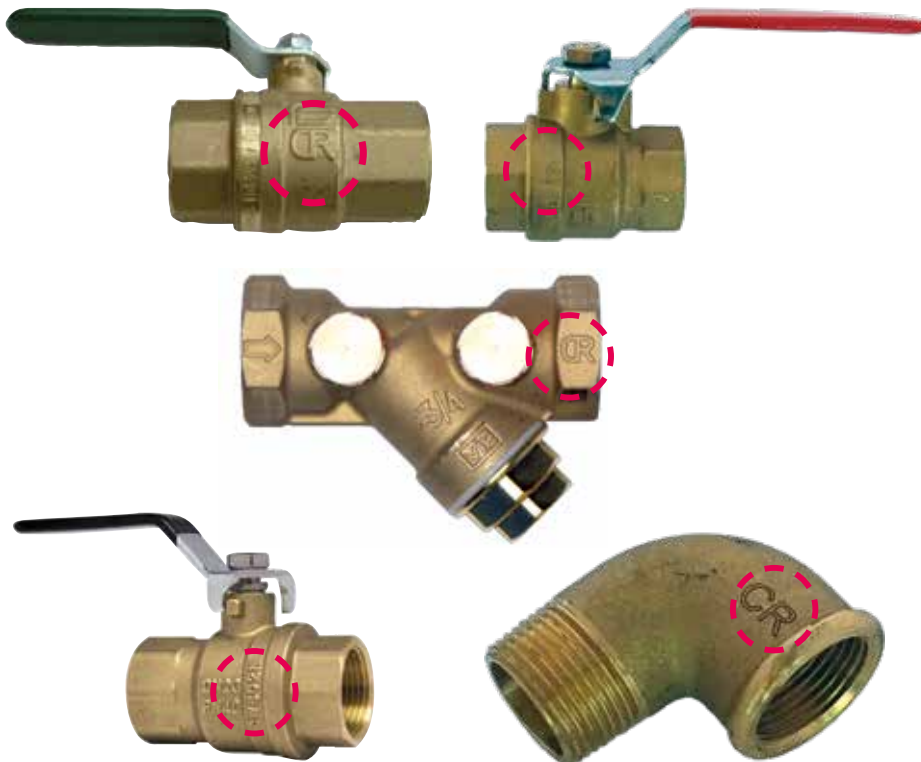
Dies ist im Hinblick auf die übliche Lebensdauer einer Yacht schlicht ein Witz. Auf der Basis dieser Festlegungen ist es also durchaus legal, anstelle von meerwasserbeständigen Ventilen und -schlauchtüllen aus Bronze oder Sondermessing solche aus handelsüblichen Messing einzubauen, bei deren Einsatz im Meerwasser das Versagen mit eingebaut ist. Da letztere deutlich billiger als entsprechende langlebige Armaturen sind, ist dies in der Serienfertigung eine verlockende Alternative.

Setzt man die durch diese Praxis erreichbaren Einsparungen jedoch in Bezug zu den gesamten Baukosten einer Yacht, wird das ganze zur Farce: Der Kostenanteil für die Borddurchlässe liegt im unteren Promillebereich.

Dummerweise ist es im Bereich der Kupferlegierungen - dazu gehören Messing, Rotguss und Bronze - selbst für Fachleute nicht einfach, einen Weg durch die teilweise irreführenden Bezeichnungen zum sicheren Borddurchlass zu finden, ganz zu schweigen von einer Bestimmung des Werkstoffes anhand dessen Aussehens.

---

## CR - Kennzeichnung



Meerwasserbeständige Armaturen können mit eingestanzten oder angegossenen Bezeichnungen (CR, DZR oder Werkstoffnummer, hier CW602N) gekennzeichnet sein.



Die leichte oberflächliche rötliche Verfärbung dieses Borddurchlasses lässt auf eine beginnende Entzinkung schließen.



Überhaupt ist die Situation bei den Buntmetallen infolge der fortgeschrittenen europäischen Harmonisierung deutlich unübersichtlicher geworden. Vor der Harmonisierung der Werkstoffbezeichnungen gab es zum Beispiel Ms58, eine allgemein bekannte Legierung mit 58 Prozent Kupfer. Daraus wurden drei „neue“ Werkstoffe mit Kurznamen wie CuZn40Pb2 - aus denen man zwar die Zusammensetzung ableiten kann - oder einer Werkstoff-Nummer CW617N. Beiden neuen Bezeichnungen fehlt die intuitive Begrifflichkeit.

Dasselbe geschah dem Rotguss: Hier gab es mal RG5, RG7 und so weiter. Heute heißen diese Legierungen CuSn5Zn5Pb5 oder CC491K und CuSn7Zn4Pb7 oder CC493K.

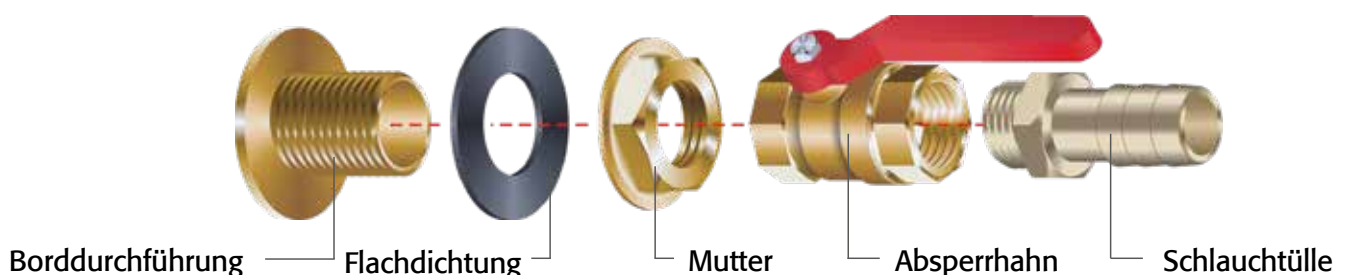
Um fair zu bleiben: Auch in den neuen Bezeichnungen und Werkstoffnummern gibt es Systematiken, sie sind jedoch bei weitem nicht so leicht zu beherrschen wie die „alten“ Namen.

## Messing

Messing ist eine Legierung, die hauptsächlich aus Kupfer und Zink besteht. Es ist in der Regel gut zerspanbar und wird in Massen in der häuslichen Installation verwendet. Dort ist es auch ausreichend beständig, Fittings aus dem häufig verwendeten CuZn40Pb2 (Werkstoff-Nummer CW617N mit circa 58 Prozent Kupfer, 40 Prozent Zink und 2 Prozent Blei, alte Bezeichnung Ms58) halten dort oft länger als der gesamte Rest der Installation. Anders im Meerwasser: Durch die darin vorhandenen korrosionsfördernden Bestandteile kann ein vernickelter Messing-Kugelhahn bereits nach wenigen Jahren auseinanderfallen. Einer der Gründe liegt in der sogenannten Entzinkung. Das Zink - in der Legierung das unedelste Metall - verlässt das Gefüge und geht im Meerwasser in Lösung. Die Verschraubung verliert jegliche Festigkeit und bricht bei der geringsten Beanspruchung - mit zum Teil katastrophalen Folgen. Durch ein Loch in der Größe eines Toilettenauslasses, das 40 Zentimeter unter der Wasserlinie liegt, dringen rund 300 Liter Wasser in der Minute in die Yacht.

---

## Galvanische Ströme



Komplette Seeventile bestehen – von wenigen Ausnahmen abgesehen – aus einer ganzen Reihe von Teilen, die in unterschiedlichsten Werkstoffen erhältlich sind. Von einigen Werften werden zum Beispiel alle Teile, die vor dem Absperrhahn liegen, in meerwasserbeständigen Werkstoffen ausgeführt, darauf folgende Teile – hier die Schlauchtülle – hingegen aus Messing, da diese ja im Ernstfall abgesperrt werden können. Auch wenn die beteiligten Werkstoffe in der elektrochemischen Spannungsreihe eng zusammen liegen, können durch unterschiedliche Werkstoffe galvanische Ströme entstehen, die ihrerseits die so genannte „galvanische Korrosion“ auslösen. Diese ließe sich nur durch konsequente elektrische Isolation der Teile untereinander vermeiden, die jedoch in der Praxis kaum dauerhaft durchführbar ist. Ziel sollte daher sein, auf jeden Materialmix zu verzichten, zumindest, wenn die Teile im Seewasser liegen und elektrisch leitend miteinander verbunden sind.