



DIE SEE MANN SCHAFT

Handbuch
für den
Yachtsport



DELIUS KLASING



DELIUS KLASING

DIE SEE MANN SCHAFT

Handbuch für
den
Yachtsport

33., aktualisierte Auflage

DELIUS KLASING VERLAG

Herausgegeben vom Deutschen Hochseesportverband „Hansa“ e. V.

Mitarbeit:

Bock, Thomas: Pantry und Sanitär, Mobilfunknetze, Der Bootsmotor,

Sicherheitsausrüstung (bis „Rettungsinseln“), Festmachen, Ankermanöver,
Schleusen, Brandschutz

Bolle, Lars: Regattasport, Jollensegeln

Friedrichs, Dr. Martin: Navigation (außer „Kompass“ und „Elektronische Navigation“)

Gunkel, Fridtjof: Die Yacht – Grundlagen und Ausrüstung, Praxis des Segelns, Die Seekarte und nautische Veröffentlichungen, Pantry und Sanitär, Der Bootsmotor

Kreplin, Martin-Sebastian: Auto und Boot

Krumme, Petra: Fahren im Strom, Auf Seetörn, Nachtsegeln, Schwerwettersegeln

(bis „Vorbereitungen auf schweres Wetter“), Internationale Übereinkommen,
Nationale und internationale Institutionen, Organisationen und Verbände, Zoll und
Zollformalitäten, Flaggenführung und Yachtgebräuche

Petersen, Uwe: Loran C / eLoran

Sachweh, Dr. Michael: Wetterkunde

Schmidt, Hauke: Ausrüstung, Knoten, Der Bootsmotor, Theoretische Grundlagen,

Festmachen, Ankermanöver, Reffen, Havarien und Notfälle, Saisonarbeiten –
Bootspflege und Wartung, Elektromobilität, Mobilfunknetze, Sicherheitsausrüstung,
Brandschutz, Bordelektrik, Seefunkausrüstung, Beiboote, Seenotfunkbaken,
Kompass, Elektronische Navigation

Schmidt, Olaf: Bordelektrik, Seefunkausrüstung, Beiboote, Seenotfunkbaken,

Blitzschutz, Kompass, Elektronische Navigation

Steffen, Dr. Fabian: Erste Hilfe an Bord

Straßburger, Jürgen: Schiffsfahrtsrecht (bis auf Kapitel, die anderen Bearbeitern
zugeordnet sind), Führerscheine, Funkzeugnisse, Bootsdokumente

Tiedt, Christian: Motorboote, Praxis des Motorbootfahrens

Kley, Gerhard: Führerscheine, Funkzeugnisse, Bootsdokumente

Becker, Jan: Uhsadel Rechtsanwälte PartGmbH

33. Auflage 2025

© Delius Klasing Verlag GmbH, Bielefeld

Folgende Ausgaben dieses Werkes sind verfügbar:

ISBN 978-3-667-13033-4 (Print)

ISBN 978-3-667-13035-8 (Epub)

ISBN 978-3-667-13034-1 (ePDF)

Lektorat: Gerhard Kley

Zeichnungen: John Bassiner, Hamburg; INCH 3, Bielefeld;

Helmut Flubacher, Waiblingen

Foto S. 5: Mark Pepper, New Paltz/NY, USA

Schutzumschlaggestaltung: Buchholz.Graphiker, Hamburg

Layout: Gabriele Engel

Gesamtherstellung: Kunst- und Werbedruck, Bad Oeynhausen

Datenkonvertierung E-Book: Bookwire - Gesellschaft zum Vertrieb digitaler Medien mbH

Alle Rechte vorbehalten! Ohne ausdrückliche Erlaubnis des Verlages darf das Werk weder
komplett noch teilweise vervielfältigt oder an Dritte weitergegeben werden.

www.delius-klasing.de



Inhalt

VORWORT	17
---------------	----

I

DIE YACHT – GRUNDLAGEN UND AUSTRÜSTUNG

Der Riss.....	18	Das stehende Gut.....	52
Die Segeltragezahl	21	Das laufende Gut	59
Bootsbau.....	22	Die Segel.....	61
Baumaterial.....	22	Yachttypen.....	63
Vollholzbau	25	Haupt- und Beisegel.....	65
Sperrholzschalenbau	27	Die Ausrüstung des Segels.....	67
Kunststoffbau	27	Segeltuche.....	69
Bauvorschriften.....	30	Segelschnitt.....	70
Der Rumpf	30	Reffeinrichtungen	74
Rumpfformen	32	Ausrüstung	79
Bug- und Heckformen	32	Tauwerk	79
Kiel- und Schwertboote	35	Tajlen und Blöcke	83
Mehrrumpfboote	36	Beschläge	85
Motorsegler.....	40	Lüfter.....	90
Anhänge	41	Anker und Ankergeschirr	91
Das Deck.....	47	Selbststeueranlagen	98
Das Cockpit.....	48	Windmessanlagen.....	100
Das Rigg	49	Lenz- und andere Pumpen....	100
Das flexible Rigg.....	51	Bordelektrik.....	102
Mastaufstellung	51	Das Bordnetz	102
Bäume	51	Die Batterie.....	106
		Antennen.....	114

Pantry und Sanitär 117

Die Pantry 117

Gasinstallation 118

Spülen 119

Trinkwasserversorgung..... 119

Kühlschränke..... 120

Heizungen..... 121

Yacht-Toiletten..... 122

Seefunkausrüstung..... 125

GMDSS 125

UKW-Kanal 16..... 126

Einsatzbereich

von Funkanlagen..... 127

Grenz- / Kurzwelle..... 128

Satellitenkommunikation

auf Yachten 128

Starlink..... 129

NAVTEX..... 130

Mobilfunknetze..... 131

Beiboote 133

Material und Lagerung..... 133

Beibootbedienung..... 136

Der Bootsmotor 139

Außenborder..... 139

Innenborder..... 141

Das Kühlsystem 142

Maschinenraumbelüftung 143

Wellenanlagen und

Getriebe..... 144

Propeller 148

Die Tankanlage 152

Motorleistung und

Geschwindigkeit 154

Motorstörungen 156

Elektromobilität auf dem Wasser 159

Vollelektrisch..... 159

Hybridsystem 160

Antriebsvarianten 161

Motortechnik..... 162

Akkutechnik..... 164

Umweltbilanz 165

Sicherheitsausrüstung 167

Die persönliche Sicherheits-

ausrüstung 167

Ausrüstungen an Bord 173

Notzeichen nach den

Kollisionsverhütungsregeln ... 181

Extra: Motorboote	191	Segeln mit Spinnaker	270
Bootstypen	191	Asymmetrische Vorsegel	280
Rumpfformen	194	Segeltrimm	281
Motoren und Antriebe	195	Segeln mit Multihulls	287
Theoretische Grundlagen	198	Ankermanöver	290
Wahrer und		Schleppen und geschleppt	
scheinbarer Wind	198	werden	305
Kurse zum Wind	201	Schleusen	309
Die Antriebskräfte	202	Fahren im Strom	312
Widerstände und		Auf Seetörn	314
Geschwindigkeit	205	Nachtsegeln	316
Die Stabilität	207	Segeln mit der Jolle	319
Luv- und Leegierigkeit	210	Mast stellen	319
Segelmanöver	214	Ab- und Anlegen	320
Segel setzen und bergen	214	Trapezsegeln	323
Ablegen unter Segeln	221	Gleiten	325
Ablegen unter Motor	226	Surfen	326
Drehen auf engem Raum	231	Spinnakersegeln	328
Anlegen unter Segeln	233	Gennakersegeln	330
Anlegen unter Motor	241	Kentern	330
Festmachen	247	Aufrichten einer Jolle	332
Trockenfallen	250	Katamaransegeln	337
Kurse zum Wind	252	Knoten und Spleiße	343
Der Aufschießer	257	Knoten	343
Wenden	258	Spleißen und Takeln	346
Halsen	259	Schwerwettersegeln	350
Boje-über-Bord-Manöver		Vorbereitungen auf	
(Mann- / Mensch-über-Bord-		schweres Wetter	351
Manöver)	263	Reffen	353
Beidrehen und Beiliegen	268	Reffen des Vorsegels	356
Kreuzen	268		

Dem Sturm ausweichen	358	Bewertungssysteme	414
Abwettern eines Sturms	359	Ausgleichssegeln	414
Beiliegen unter Segeln	360	Segeln in Klassen	417
Beiliegen ohne Segel	360	Wettsegeln – wie es begann. . . .	422
Ablaufen	361	Wichtige Veranstaltungen	425
Treibanker	363	Olympische Regatten	425
Öl	365	Meisterschaften	425
Durchkentern	365	Wettfahrtwochen	425
Havarien und Notfälle	366	Langstreckenregatten	425
Grundberührung		Der America's Cup	425
und Freikommen	366	Der Admiral's Cup	430
Hoch und trocken	374	Vendée Globe	431
Leckbekämpfung	375	Die Durchführung	
Schäden im Rigg	378	von Wettfahrten	431
Ruderbruch	382	Organisation	431
Unklarer Propeller	385	Protest und Ersatzstrafen	432
Feuer an Bord	386	Die Wertung	433
Mensch über Bord!	386	Preise	433
Abbergen von		Die Wettfahrtregeln (WR)	433
Schiffbrüchigen	396	Die Segelanweisungen	434
Aussteigen in die		Die verschiedenen	
Rettungsinsel	399	Regattaarten	434
Überfällig	402	Bahnwettfahrten	434
Extra: Praxis des		Match Racing	446
Motorbootfahrens –		Teamregatten	449
Wichtige Manöver	404	Seeregatten	450
Ablegen	404	Fahrtensegler-Regatta	454
Wenden	407	Maxi-, Superyacht und Werft- /	
Anlegen	409	Konstrukteursregatten	455
Trimmen	411		

Allgemeines	456	Die Gezeiten	518
Hilfsmittel der Navigation	456	Hilfsmittel zur	
Kompassse	457	Gezeitenkunde	520
Das Log	464	Die wichtigsten Begriffe	
Das Lot	468	aus der Gezeitenkunde	521
Echolote	468	Die Lösung von Gezeiten-	
Der Sextant	471	aufgaben	525
Die Seekarte	474		
Nautische		Elektronische Navigation	534
Veröffentlichungen	480	Satellitenavigation	535
Schifffahrtszeichen	481	Wegpunktnavigation	539
Die Betonnung	482	Elektronische Seekarten	540
Befuerung von		Radar	542
Schifffahrtszeichen	488	Automatisches Schiffs-	
		identifizierungssystem (AIS) ..	554
Terrestrische Navigation	492	Computer an Bord	555
Erdkoordinaten –			
Breite und Länge	492	Astronomische Navigation	556
Arbeiten in der Seekarte	495	Einführung	556
Kurs und		Astronomische	
Kursumwandlungen	498	Standortbestimmung	557
Berücksichtigung		Spezielle Verfahren zur	
des Windes	501	Bestimmung einer	
Berücksichtigung		astronomischen Standlinie ...	567
des Stroms	502	Astronomische	
Das Koppeln	507	Kompasskontrolle	570
Terrestrische Standlinien	508		
Abstandsbestimmungen	514		
Standlinien durch Loten	516		
Peilungen zur			
Kompasskontrolle	516		

Die Atmosphäre und ihre Wettererscheinungen 583

Wind	585
Luftfeuchtigkeit	587
Wolken	590
Gewitter	596
Wasserhosen	596

Die Dynamik der Atmosphäre .. 596

Die planetarischen Luftdruck- und Windgürtel ...	596
Hoch- und Tiefdruckgebiete ..	598
Besondere Winde	608

Aktuelle Wetterinformationen

an Bord 613

Meteorologische Messinstrumente	613
Empfang von Seewetter- berichten	615
Wetter im Internet	618
Interpretation von Wetterkarten, der Luftdruck- und Wetterentwicklung	622
Routenempfehlung	626

Meteorologische Navigation ... 627

Klimanavigation	627
Witterungsnavigation	628
Wetternavigation	628

Der Seegang 629

Laufende Pflege während der Saison 634

Rumpf und Deck	634
Motor	637
Elektrik	638
Segel	638
Rigg	639
Umgang mit Masten	640
Kranen	646

Auto und Boot 648

Der Trailertransport	648
Fahrpraxis	653
Ab- und Aufslippen	655
Der Schwertransport	656

Mit dem Boot ins Winterlager .. 657

Die Lagerung	657
Vordringliche Ausbesserungsarbeiten	661

Das Einwintern 662

Rigg	663
Segel	663
Ruderanlage	664
Unter Deck	664
Zubehör	665
Elektrik und Elektronik	666
Motor	666
Wellenanlage und Saildrive / Z-Drive	670
Propeller	671

Kraftstofftanks	671
Außenbordmotoren	672
Die Frühjahrsüberholung	673
Reparieren mit Epoxid	673
Reparieren von	
Kunststoffflächen	674
Reparieren von	
Holzflächen	675
Reparieren von Stahl-	
und Aluminiumflächen	676
Malen und Lackieren	676
Korrosionsschutz	681
Arbeits- und Umweltschutz ...	683
Mit dem Boot zu Wasser	684

Einleitung	685
Sofortmaßnahmen in lebens-	
bedrohlichen Situationen	686
Herzstillstand	686
Bewusstseinsstörungen	686
Luftnot (Dyspnoe)	686
Kreislaufschwäche	
(Herzinsuffizienz)	687
Hoher Blutverlust	687
Schock	687
Orientierende Untersuchung... ..	689
Allgemeine Informationen ...	689
Allgemeine Symptome	689
Herz und Durchblutung	689
Atmung und Sauerstoff-	
versorgung	690
Bauch.	690
Flüssigkeitsbedarf.	691
Bewusstsein, Nervensystem ..	691
Besondere medizinische	
Situationen auf See	692
Ertrinken und	
Unterkühlung	692
Quallenkontakt	694
Seekrankheit	695
Sonnen- und Hitzeschäden ...	695
Augenreizungen	696
Überdosierung von Alkohol ...	696

Häufige medizinische**Probleme an Bord 697**

- Orthopädisch-
- Chirurgisches 697
- Wundversorgung 699
- Verbrennungen 699

Praktische Hilfen 701

- Wiederbelebung 701
- Stabile Seitenlage 702
- Anlegen eines
- Druckverbands 703
- Gesundheitsfragen 704
- Notruf, Kommunikation
- mit Helfern 705
- Gesprächsleitfaden 706

Vorsorge- und Ausstattungs-**empfehlungen 710**

- Vor der Reise 710
- Ausstattungen 710
- Bordapotheke 711

Die Kollisionsverhütungsregeln**(KVR) 716**

- Anwendung 716
- Verantwortlichkeit 717
- Begriffsbestimmungen 717
- Ausweich- und Fahrregeln 717
- Lichter und Signalkörper
- und Schallsignale
- bei verminderter Sicht 724
- Manöver- und Warnsignale ... 737

**Seeschiffahrtsstraßen-Ordnung
und Schifffahrtsordnung****Emsmündung 738**

- Vorfahrtsregeln 739
- Fahrtgeschwindigkeit 741
- Navigationslichter 741
- Schallsignale 743
- Segelyachten unter Motor 743
- Wasserskilaufen, Schleppen
- von Wassersportanhängen,
- Wassermotorradfahren,
- Kite- und Segelsurfen 744
- Ankern 744
- Anlegen und Festmachen 744
- Alkohol und Drogen an Bord .. 745
- Der Nord-Ostsee-Kanal
- (NOK) 745
- Schifffahrtsordnung
- Emsmündung (EmsSchO) 748
- Bekanntmachungen der
- Wasser- und Schifffahrts-
- direktion (WSD) 749

Sperr- und Warnggebiete	748
Schutzbereiche und	
Messstellen	751
Nationalparks,	
Naturschutzgebiete	751
Verkehrszentralen	752
Schiffsverkehrsdienste (VTS) ..	753

Die Binnenschiffahrtsstraßen-

Ordnung (BinSchStrO)	753
Begriffsbestimmungen	753
Schiffsführung	754
Allgemeine Sorgfaltspflicht ...	754
Besetzung des Ruders	755
Kennzeichnung	755
Lichter- und Signalleuchten ...	755
Schifffahrtszeichen und Bezeich-	
nung der Wasserstraße	762
Fahrregeln	766
Durchfahren von Schleusen ...	766

Die Bodensee-Schiffahrts-

Ordnung	767
----------------------	------------

Internationale Übereinkommen. 770

SOLAS 74 / 78	770
Umweltschutz-	
Übereinkommen	772
Das internationale Seerechts-	
übereinkommen	772

Führerscheine, Funkzeugnisse,

Bootsdokumente 773

Führerscheine für die	
Binnenfahrt	773
Führerscheine für die	
Küsten- und Seefahrt	774
Nicht amtliche Segelscheine ..	775
Funkzeugnisse	776
Fachkundenachweis für Seenot-	
signalmittel („Pyroschein“) ...	777
Bootsdokumente und	
sonstige Unterlagen	777
Das Schiffstagebuch	
(Seetagebuch / Logbuch)	779

Nationale und internationale

Institutionen, Organisationen

und Verbände 780

Das Bundesamt für	
Seeschifffahrt und	
Hydrographie (BSH)	780
Die Wasser- und Schifffahrts-	
verwaltung des Bundes	780
Seewetterdienst	782
Die Bundesnetzagentur	
(BNetzA)	782
Die BG Verkehr	782
Die Bundesstelle für	
Seeunfalluntersuchung	
(BSU)	783

Die Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger (DGzRS)	783	Die Kommandotafel	800
Die Schiffsregisterbehörden . .	785	Internationale Buchstabiertafel und Morsealphabet	805
Der Germanische Lloyd (GL) . .	786	Flaggen, Stander und Wimpel des Internationalen Signalbuchs.	807
Internationale Schiffahrtsbehörden	788	REGISTER	810
Die Organisation der Sport- schiffahrt und ihre Verbände . .	788		
Rückblick	792		
Zoll und Zollformalitäten	794		
Grenzpolizeiliche Kontrolle . . .	795		
Flaggenführung und Yachtgebräuche	796		
Flaggenführung	796		
Yachtgebräuche	797		

Vorwort

Es war im Jahre 1929, als im Verlag Klasing & Co. in Berlin die erste *Seemannschaft* erschien: herausgegeben und empfohlen vom Deutschen Hochseesportverband „Hansa“ e. V., gedacht „für den Unterricht an der Hanseatischen Yachtschule Neustadt i. Holst.“.

Doch das noch schmale „Handbuch für Segler und Motorbootfahrer mit Einschluß der terrestrischen Navigation“ – so der vollständige Titel – war weitaus mehr als ein Unterrichtsbehelf. Es war das erste deutschsprachige Lehr- und Ausbildungsbuch für den Yachtsport überhaupt. So fehlte denn auch nicht ein Kapitel über „Dampffahrkunde“, wenngleich schon damals der Schwerpunkt auf dem Segeln lag. Tradiert Yachtetikette wiederum entsprach eine sechsseitige Abhandlung über „Yachtgebräuche“. Kaum mehr Seiten beanspruchte damals das gesamte „Seestraßenrecht“. Es war die Zeit, als eine motorisierte Segelyacht geradezu als Provokation galt.

Seitdem hat der Yachtsport eine Ausweitung und Popularität erfahren, von der sich damals niemand etwas hätte träumen lassen. Die traditionelle Vollholzyacht ist zu einer gesuchten Rarität geworden. Schiffe aus Kohlefaser, in Wabenbauweise, Segel zusammengeschweißt aus transparenten Folien und die voll computerisierte komplett vernetzte Yacht – das ist die Realität von heute. Hunderte kleiner Yachten sind alljährlich auf den Ozeanen unterwegs. Was einst als extremste

Herausforderung für einen Segler galt, bewältigen heute dank phänomenaler technischer Entwicklungen auch Familiencrews. Um bei dieser rasanten Weiterentwicklung des Segelsports auf dem Stand des Fachwissens zu bleiben (in den 1960er-Jahren wandelte sich die *Seemannschaft* zu einem ausschließlichen Standardwerk für Segler), ist sie mitgewachsen – schon die 25. Auflage erreichte exakt den dreifachen Umfang der Erstausgabe von 1929. Inzwischen deckt sie so viele Bereiche umfassend ab, dass sie ihresgleichen sucht – und deshalb auch in vielen Bücherschappys von Motorbooten nicht fehlt. Darum schloss sich der Kreis mit der 29. Auflage, die passenderweise zum 100-jährigen Verlagsjubiläum erschien. Seitdem enthält das Werk zwei Extra-Kapitel für Motorbootfahrer: Typen, Antriebe und wichtige Manöver.

Alle Kapitel wurden in Zusammenarbeit mit den Redaktionen der Zeitschriften YACHT und BOOTE sowie weiteren kompetenten Fachleuten überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht.

Auch mit dieser 33. Auflage möchte die *Seemannschaft* in guter Tradition allen Wassersportlern zuverlässiger Helfer, Ratgeber und Begleiter während der Ausbildung und in ihrer Zeit auf oder am Wasser sein.

Verlag und Redaktion

1. Die Yacht – Grundlagen und Ausrüstung

Der Riss

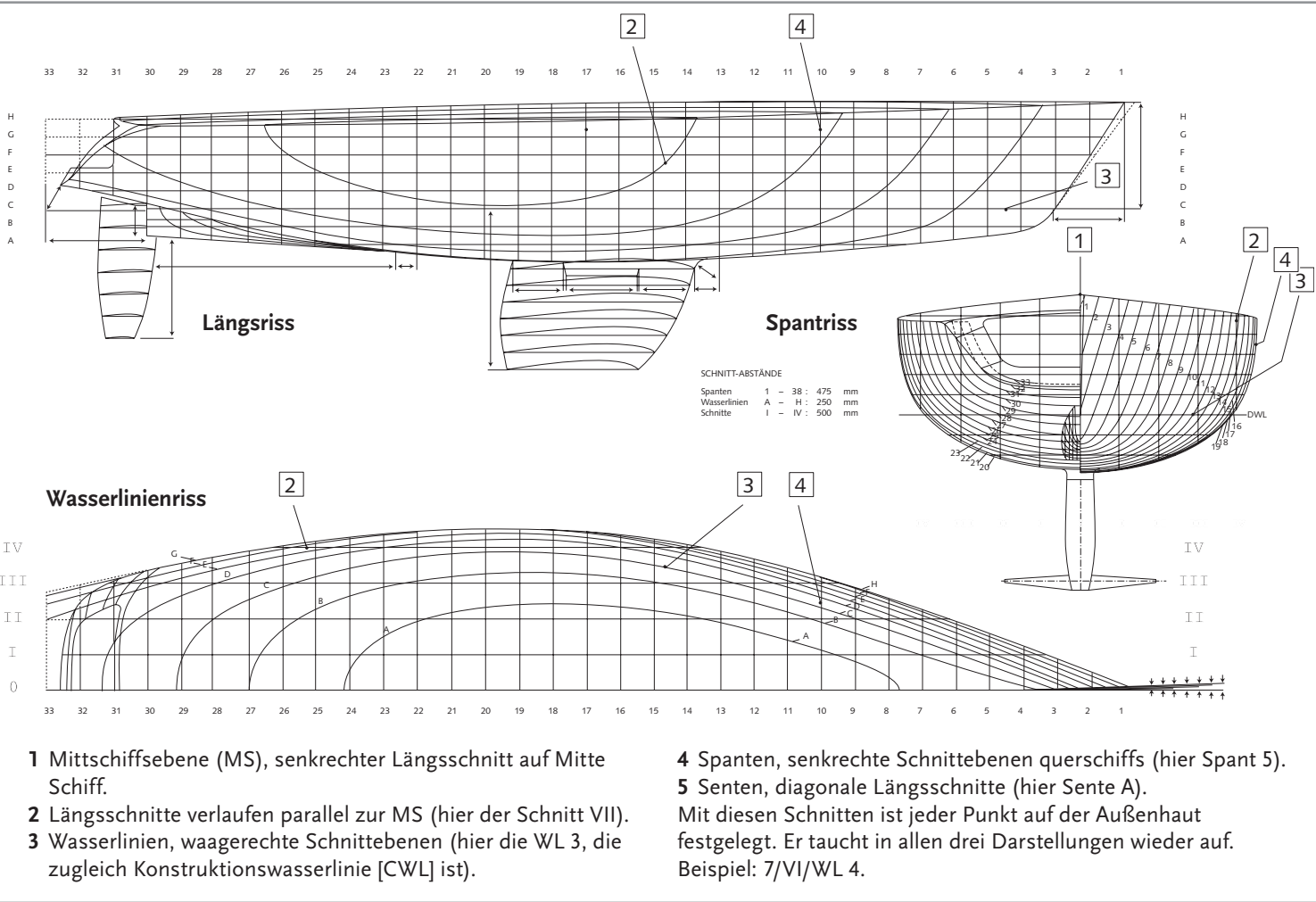
Der Riss, auch Konstruktionszeichnung genannt, ist die Grundlage für den Bau einer Yacht. Üblich ist es, das Boot mit dem Bug nach rechts darzustellen und so die Steuerbordseite zu zeigen. Meist besteht ein Riss aus drei getrennten Zeichnungen: **Längsriss**, **(Wasser-)Linienriss** und **Spantriss**. Gelegentlich wird der Spantriss auch in den Längsriss hineingezeichnet. Wichtiger Längsschnitt im Linienriss ist die Mittschiffsebene (MS). Parallel dazu verlaufen weitere Längsschnitte, die, von der MS ausgehend, mit römisch I, II, III usw. bezeichnet werden. Sie erscheinen im Spantriss als senkrechte Geraden, im Längsriss als Kurven.

Waagerechte Schnittebenen durch den Bootskörper bilden in dem nach ihnen benannten Wasserlinienriss Kurven. Beginnend an der Bootsbodenbasis mit WL 0, kennzeichnet die WL 3 die **Konstruktionswasserlinie (CWL)**. Sie trennt die Über- und Unterwasserlinien. Die Unterwasserlinien liegen meist enger zusammen. Sie veranschaulichen in etwa den Strömungsverlauf des Wassers an der Außenhaut einer Yacht

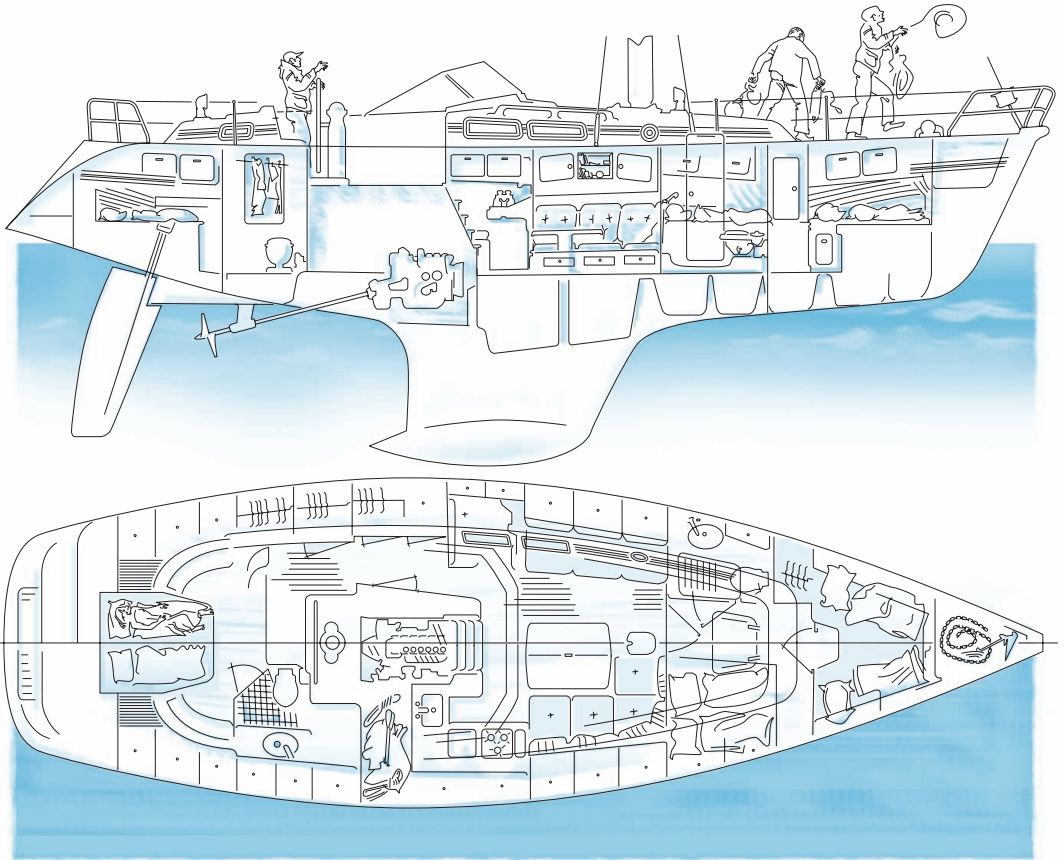
bei unterschiedlicher Eintauchung und Krängung. In Spant- und Längsriss erscheinen die Kurven als waagerechte Geraden.

Konstruktionsspanten, meist nur kurz als **Spanten** bezeichnet, sind Vertikalschnitte, die den Rumpf in gleich dicke Scheiben schneiden. Sie werden, beginnend am Heck – seltener am Bug –, mit 0, 1, 2 usw. bezeichnet – bei einem Überhang achtern beginnt die Zählung entsprechend mit -1. Die Länge der CWL wird meist in eine gerade Anzahl von Spantschnitten unterteilt, beispielsweise 8, 10, 12 usw. Im Längs- und Linienriss erscheinen die Spanten als senkrechte Geraden, im Spantriss als Kurven. Da die rechte und linke Schiffshälfte symmetrisch sind, wird im Spantriss nur eine Hälfte dargestellt, rechts von der Mittschiffsebene die vordere und links die hintere Schiffshälfte.

Hauptspant ist das Spant mit der größten ins Wasser eingetauchten Fläche. Es beschreibt gleichzeitig den größten Umfang und Querschnitt einer Yacht. Das Pendant dazu ist beim Auto die sogenannte Stirnfläche, die zur Bestimmung des c_w -Wertes dient. In



Einrichtungsplan



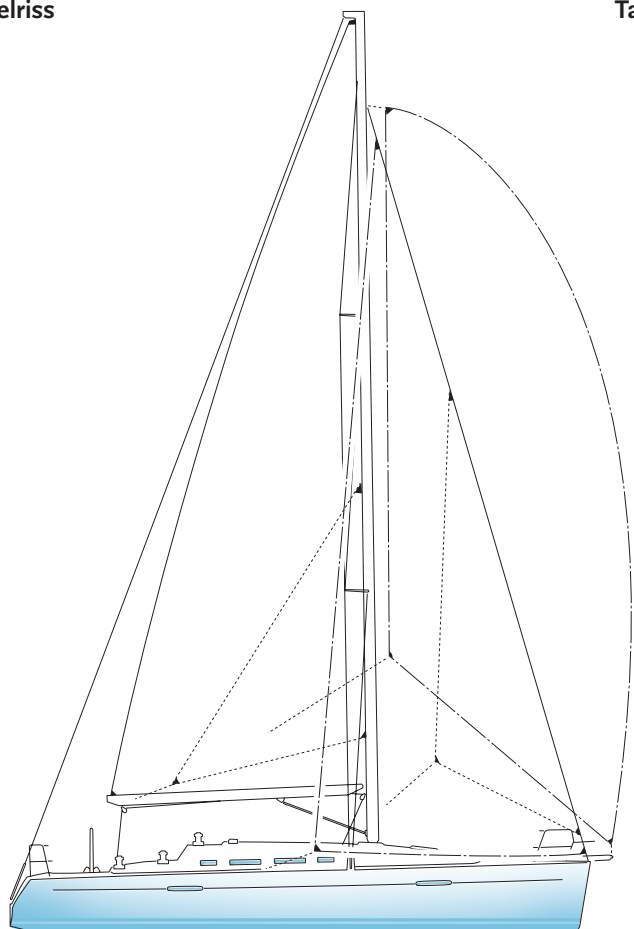
der Yachtkonstruktion heißt er Zylinderkoeffizient. Das Hauptspant liegt bei Segelyachten im Allgemeinen hinter der halben Länge der Konstruktionswasserlinie.

Senten sind zusätzliche, dachförmig angelegte Längsschnitte durch den Rumpf. Sie sollen die Spanten möglichst im Winkel von 90° schneiden und erscheinen im Spantriss als Geraden, im Wasserlinienriss, unterhalb der Mittschiffsebene, als Kurven. Von außen nach innen bezeichnet man sie mit Groß- oder Kleinbuchstaben, A, B, C usw. Senten dienen als Hilfskurven zur Kontrolle und Fixierung einer exakten Linienführung.

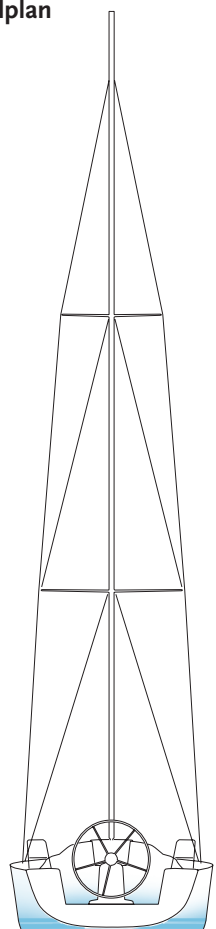
Ein **Decksplan** wird üblicherweise für größere Yachten gezeichnet. Er gibt die Anordnung des Cockpits, die Aufstellung des Mastes und die Lage und Dimensionierung der Decksbeschläge wie Schotwinschen, Leitschienen, Ankerwinde, Klampen usw. an.

Der **Einrichtungsplan** zeigt eine längs aufgeschnittene Yacht mit der Anordnung der Einrichtung auf der Backbordseite, einschließlich der Motoranlage, und eine Draufsicht, bei der Deck und Aufbauten abgenommen worden sind. Die Detailtreue von Einrichtungsplänen weist bei den

Segelriss



Takelplan



verschiedenen Konstrukteuren erhebliche Qualitätsunterschiede auf.

Der **Bauplan** enthält nähere Angaben über die Bauausführung. Form, Abmessungen und Material jedes einzelnen Bauteils werden genau vorgeschrieben.

Der **Segelriss** veranschaulicht die Variationsmöglichkeiten mit den verschiedenen Vor- und Beisegeln und bestimmt ihre Größe im Verhältnis zum Rigg. Neben dem Segelriss wird die Verstagung des Mastes in einem **Takelplan** dargestellt.

Heutzutage werden Yachten per Computer konstruiert und gezeichnet. Der Datensatz

kann dazu dienen, beispielsweise eine Fräse für den Formenbau oder Möbelteile direkt zu steuern.

Die Segeltragezahl

Sie dient, neben anderen Parametern, dem Konstrukteur und Käufer zur ungefähren Einordnung der Segelleistung einer Yacht. Die vermessene Am-Wind-Segelfläche (S) in Quadratmetern (m^2) wird nach folgender Formel in ein Verhältnis zur Verdrängung (D) in Tonnen (t) gebracht:

$$\sqrt{s} : {}^3\sqrt{b}$$

So erhält man einen dimensionslosen Wert, der beispielsweise bei Mehrtrumpfbooten zwischen 6,0 und 6,8, für schnelle Fahrtenyachten zwischen 4,7 und 5,2 liegt und bei Motorseglern zwischen 3,5 und 3,9. Die Segeltragezahl ergibt einen Anhalt, ob eine Yacht übertakelt oder untertakelt und voraussichtlich ein schnelles oder ein behäbigeres Boot ist.

Der Wert sagt, anders als der Name Segeltragezahl vermuten lässt, nichts über das Tragevermögen, also die Stabilität aus. Er ist denn auch nur ein Anhaltspunkt.

Computergestützte Konstruktionen

CAD (Computer Aided Design) und CAM (Computer Aided Manufacturing) sind die Zauberformeln zeitgemäßen Yacht designs und moderner Yachtfertigung. Aber ein Computer kann keine Yacht „konstruieren“. Er kann nur rechnen, was der Konstrukteur berechnen haben will. Der entscheidende Unterschied liegt in der hohen Geschwindigkeit der Durchführung aller Berechnungen. Zahlreiche Variationsmöglichkeiten lassen sich durchspielen, um auf diese Weise das absolute Optimum aus einer Konstruktion herauszuholen. Festigkeitsanalysen beispielsweise, die Aufschluss über die Verformung eines Bootsrumpfes geben, unterblieben meist wegen des enormen Zeit- und Rechenaufwandes. Mit einem Computer sind sie kein Problem mehr. Außerdem liegen mittlerweile für alle gängigen Werkstoffe und Bauverfahren diverse Erfahrungswerte vor.

Bootsbau

Das Baumaterial

Vollholz war das klassische Bootsbaumaterial. Es vereint Festigkeit mit langer Lebensdauer und guten Verarbeitungsmöglichkeiten. Außerdem ist es von Natur aus schwimmfähig, weil sein spezifisches Gewicht geringer ist als das des Wassers. Eine sorgfältig gebaute Vollholzyacht hat eine Lebensdauer von mindestens 40 Jahren. Holz besitzt ein gefälliges Aussehen und gute Isoliereigenschaften, hat aber auch Nachteile. Es arbeitet unter der Einwirkung von Trockenheit und Feuchtigkeit, was zu einem undichten Schiff führen kann. Außerdem ist es gegen Fäulnis anfällig. Yachtneubauten werden nicht mehr aus Vollholz gefertigt.

Sperrholz, kochfest verleimt, ist eine Alternative. Es besteht aus Holzplatten, die aus einer ungeraden Anzahl von Furnieren verleimt werden. Diese Platten können kaum noch schrumpfen, schwellen oder sich verziehen. Eine sorgfältig gebaute Sperrholzbootshaut bleibt immer dicht.

Stahl ist etwa zehnmal so schwer wie Teak oder Eiche. Da seine Festigkeit aber wesentlich größer ist, kann die Außenhaut viel dünner sein als bei einem Holzboot; doch sind dem natürlicherweise Grenzen gesetzt, sodass kleinere Yachten aus Stahl verhältnismäßig schwer werden. Ein Stahlschiff ist unbedingt dicht; doch isoliert Stahl wenig und neigt zu Kondenswasserbildung im Inneren des Bootes als Folge von Temperaturunterschieden. Stahl ist rostanfällig und gefährdet durch galvanische Korrosion.

Aluminium verbindet mit den Vorteilen der Stahlbauweise große Leichtigkeit. Reinalu-

minium ist allerdings ein zu weiches Metall, deshalb handelt es sich im Bootsbau immer um eine Aluminiumlegierung mit Magnesiumgehalt. Da Aluminium in der galvanischen Reihe der Metalle sehr weit unten liegt, neigt es bei unsachgemäßer Bauweise und/oder Behandlung in starkem Maße zu galvanischer Korrosion. Das Material ist beliebt bei Langfahrtseglern.

Ferrozement, besser bekannt als Stahlbeton, ergibt verhältnismäßig schwere, aber auch sehr feste und unempfindliche Rümpfe. Er würde sich theoretisch ausgezeichnet als Baumaterial für Langfahrtyachten eignen. Dennoch sind Boote aus Ferrozement Exoten geblieben.

Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK):

Kunststoff ist das hauptsächlich verwendete Bootsbaumaterial. Die Kunstharze allein besitzen nur eine geringe Festigkeit. Erst die Verbindung mit der Glas- oder einer anderen Faser zu einem **Laminat** ergibt ein für den Bootsbau geeignetes Material. Die Harze sind: **ungesättigtes Polyester (UP)**, **Vinylester** und **Epoxid (EP)**.

Epoxid hat mit Abstand die besten mechanischen Eigenschaften, ist aber auch am teuersten und lässt sich zudem schwieriger verarbeiten. Deshalb werden im Yachtbau überwiegend Polyester und Vinylester verwendet.

Drei Arten von Glasfasern kommen für die Armierung des Harzes infrage: E-, R- und S-Glas. Die Mehrheit aller Bootsrümpfe ist mit E-Glas verstärkt. R- und S-Glas sind – neben anderen positiven Eigenschaften – zwar leichter, fester und stärker, jedoch auch erheblich teurer. Deshalb werden sie allenfalls als Verstärkung in extrem belasteten Bereichen eingesetzt, im Übrigen aber nur für Rennyachten.

Glasseidenmatten überwiegen im Lami-

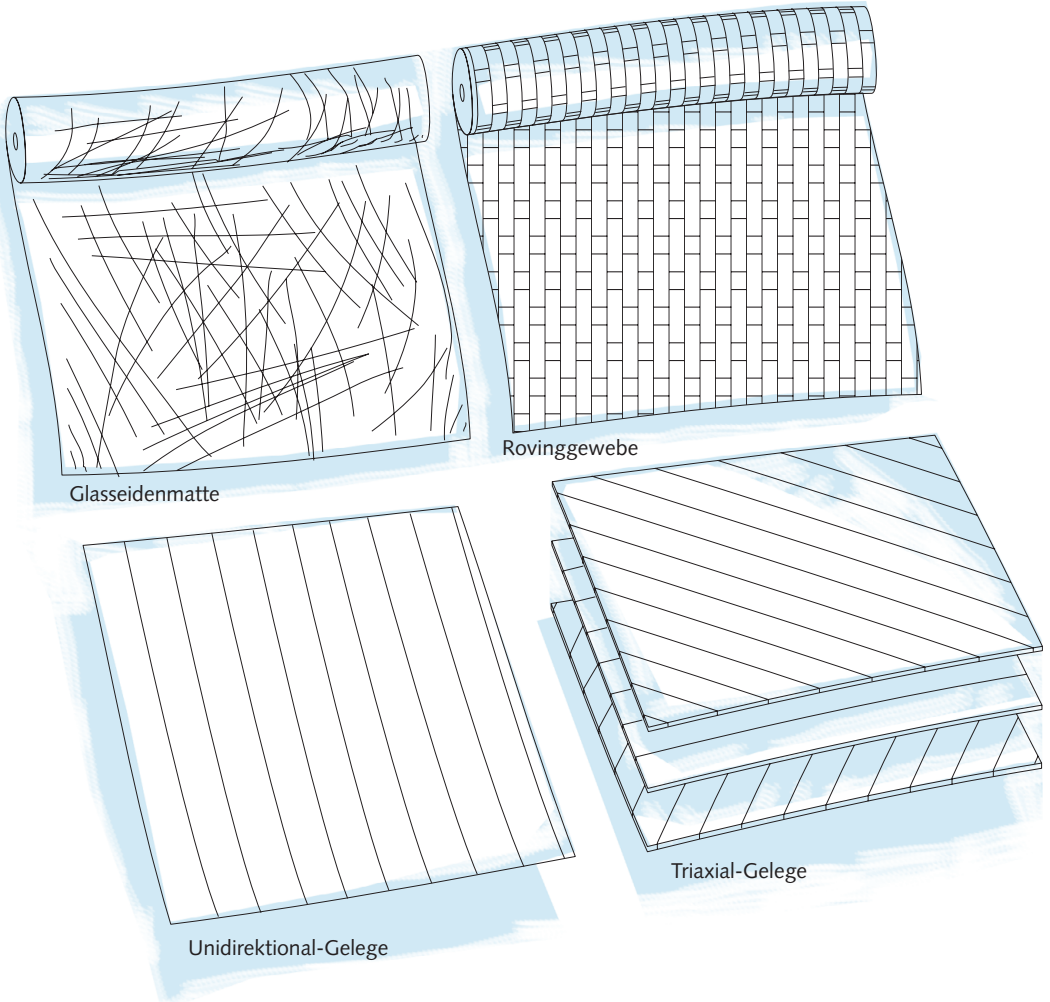
nataufbau. Sie bestehen aus gehäckselten, regellos geschichteten und mit einem styrol-löslichen Binder verklebten Glasfasern. Mit Matten allein erreicht man jedoch relativ geringe Glasgehalte und damit geringere Festigkeit, denn je höher der Glasanteil, desto besser ist das Laminat.

Rovinggewebe, verflochtene Glasseidenstränge, ermöglichen Lamine mit weniger Harzanteil, was zu höheren Festigkeitswerten des Bootskörpers führt. Rovinggewebe liefern zudem eine bidirektionale oder eine unidirektionale Belastungsrichtung. Dadurch lassen sich die stärkeren Fasern auf die vorausberechneten Lasten im Rumpf und Deck ausrichten. Häufig besteht ein Laminat aus Matten und Gewebe.

Prepregs sind vom Hersteller bereits mit Harz und Härter vorimprägnierte Gewebe. Der Harzgehalt kann niedrig gehalten und genau definiert werden, aber zur Verarbeitung sind hohe Temperaturen und enorme Pressdrücke erforderlich.

Kohlefasern (Kohlenstofffasern, Carbonfasern, C-Fasern) haben eine weitaus höhere Festigkeit als Glasfasern und sind widerstandsfähiger gegen Ermüdung. Nur die Punktbelastbarkeit ist gering. Deshalb werden C-Fasern oft mit besser punktblastbaren Materialien wie Kevlar und Glas kombiniert. Es gibt sie als Rovings, Gewebe, Gelege und Prepregs, die mit Epoxidharz zu Laminaten verarbeitet werden. Abkürzung: CFK oder KFK. Hauptsächlich finden sie Verwendung für Ruder, Masten und Spinnakerbäume. Die Verarbeitung ist schwierig, die Kosten sind hoch. Dennoch ist CFK für den Bau von Regatta- und Megayachten nicht wegzudenken.

Aramidfasern, besser bekannt unter dem Produktamen **Kevlar** des Chemiekonzerns DuPont, weisen von allen gebräuchlichen Fasern die höchste spezifische Bruchfestig-



keit auf. In Verarbeitung speziell mit Epoxid ergeben sich extrem schlagfeste und leichte Laminatschichten, vornehmlich für Verstärkungen in hoch belasteten Bereichen eingesetzt. Kevlar wird für Rennyachten verwendet.

Hybridgewebe sind Kombinationen von verschiedenen – meist zwei – Faserarten, etwa Carbon und Aramid. Dadurch versucht man, die jeweils positiven Eigenschaften zu optimieren. Beispielsweise die hohe Steifigkeit und Druckfestigkeit von Carbon mit der Schlagfestigkeit von Aramid.

Sandwich bezeichnet einen Laminataufbau, der aus einer äußeren und einer inneren Laminatschicht und einem dazwischenliegenden Sandwichkern besteht. Der Kern kann aus Balsaholz, Schaum oder Wabenstrukturen bestehen, die Laminatschichten aus verschiedenen Glasfasern, Kevlar oder CFK. Der Kern dient nur als Distanzhalter und verdickt den Laminataufbau, ohne ihn deutlich schwerer werden zu lassen. Das dickere Material lässt die Steifigkeit des Laminats sprunghaft ansteigen.

Vollholzbau

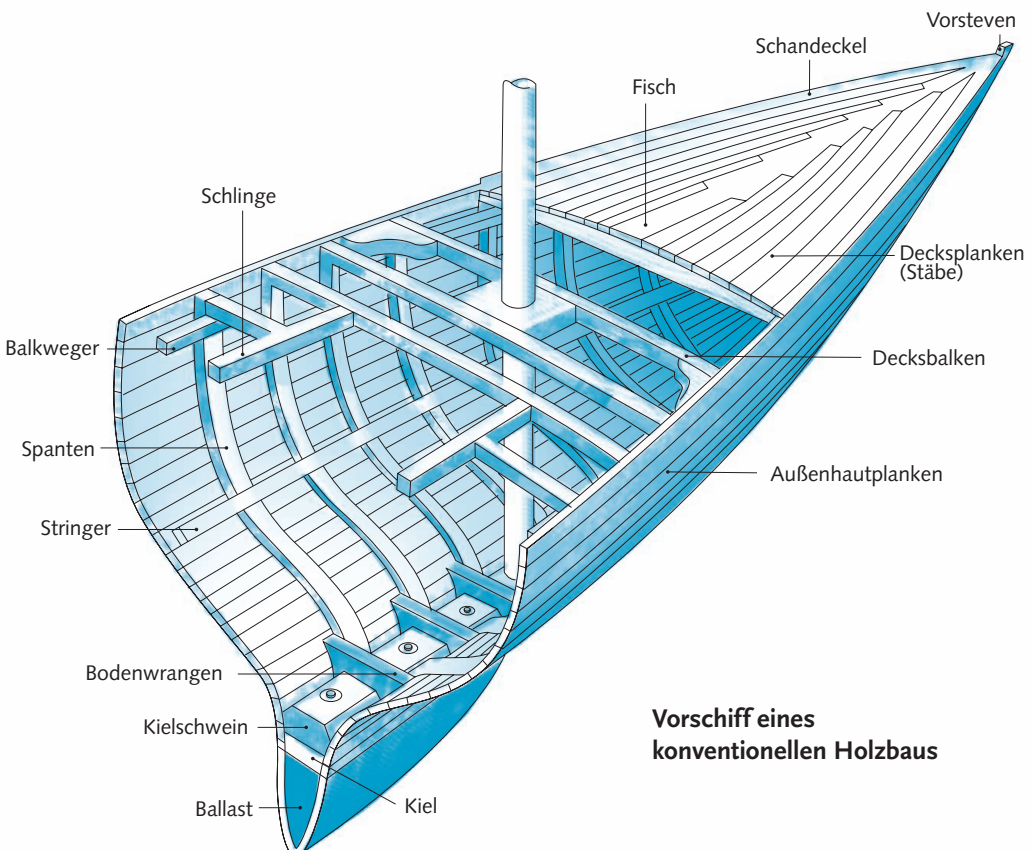
Zweck und Benennung der Bauteile sind bei allen Bauweisen annähernd gleich. Am besten und vollständigsten lassen sie sich am Beispiel einer konventionellen Vollholzyacht aufzeigen. Denn die Benennungen sind im Stahlbau dieselben und die meisten tauchen auch im Kunststoffbau auf, wenngleich das Verfahren ein völlig anderes ist und andere Elemente die Funktionen des so bezeichneten Bauteils übernehmen.

Der **Kiel** bildet das Rückgrat des Schiffskörpers. Er wird mit dem Vor- und Achtersteven verzapft, verlascht und verbolzt.

Die **Spanten** werden auf dem Kiel aufge-

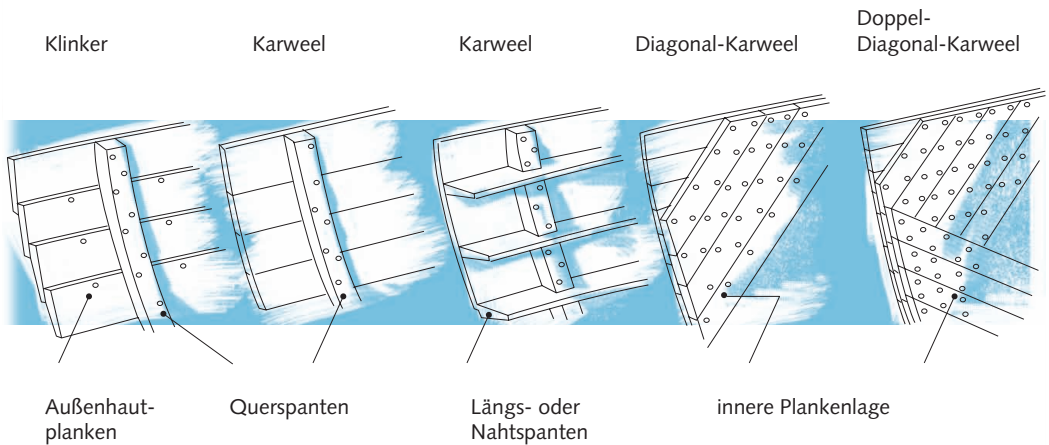
stellt, sofern es sich um gewachsene, aus einem Stück Holz herausgesägte Spanten handelt – im Yachtbau längst Vergangenheit. Stattdessen verwendet man dampfgeformte, sogenannte eingebogene Spanten. Für sie werden zunächst Mallen aufgestellt. Spanten können auch aus mehreren Holzschichten lamelliert werden.

Die **Mallen** sind Spantschablonen aus einfachem Holz, bei Einheitsklassen auch aus Stahl. Außen auf den Mallen befestigt man die **Senten**, lange biegsame Holzlatten. Sie legen die Form der Außenhaut fest. Die in Dampf geschmeidig gemachten Span-



**Vorschiff eines
konventionellen Holzbaus**

Beplankung von Vollholzbooten



ten werden nun innerhalb der Sentenlatten an den Mallen in ihre Form gebogen. Für Sperrholzboote verwendet man lamellierte Spanten. Sie bestehen aus mehreren miteinander verleimten Holzschichten.

Bodenwrangen dienen der Aussteifung des Schiffsbodens. Sie verbinden Spant und Gegenspant miteinander und mit dem Kiel.

Die **Stringer** sind Längsverbindungen, die vom Vorsteven bis zum Heck durchlaufen und von innen mit jedem Spant verbunden werden.

Der **Balkweger** verbindet auf jeder Seite in der Längsrichtung die oberen Spantenden. Er dient zugleich als Auflage für die Decksbalken. Sie bilden die Querverbindung und Aussteifung der Spantenden.

Die **Decksbalken** verhindern, dass sich die Spantköpfe unter dem Druck der Außenhaut nach innen zusammenpressen, und tragen das Deck. Sie werden allerdings von Kajütaufbauten, Luken und Cockpit unterbrochen und müssen deshalb an diesen Stellen von **Schlingen**, längs verlaufenden Bauteilen, abgefangen werden.

Auf dem so entstandenen Gerippe wird nun die Außenhaut und das Deck angebracht.

Es gibt zwei Hauptarten der Beplankung: **Karweel** und **Klinker**. Die Kanten karweeler Planken stoßen so gegeneinander, dass die Außenhaut eine glatte Fläche ergibt. Geklinkerte Planken überlappen dachziegelartig. Die Planken werden mit Kupfernieten oder durch kupferne Schraubnägels mit den Spanten verbunden. Bei Sperrholzbooten besteht die Außenhaut aus größeren Platten, die man außerdem unter Pressdruck mit den Spanten verleimt. Die Decksplanken mittschiffs bezeichnet man als **Fisch** oder **Fischung**, die beiden äußeren Planken, die den **Schergang** bedecken, als **Schandeck** oder **Schandeckel**.

Das Deck muss arbeiten können, also elastisch sein. Deshalb dürfen die Decksplanken nicht fest zusammengestoßen werden. Damit sie trotzdem dicht sind, kalfatert man die Nähte mit elastisch bleibender synthetischer Dichtungsmasse.

Der Innenausbau erfolgt entsprechend dem Einrichtungsplan.

Die **Bilge**, der unten spitz zulaufende Teil des Rumpfes, wird durch einen Fußboden abgedeckt. Oft dient die Bilge zur Aufnahme des Frischwasser- oder Treibstofftanks.

Auf modernen U-spantigen Kunststoffyachten ist sie allerdings dafür zu flach.

Die Seitenwände werden auf größeren Yachten mit einer luftdurchlässigen Plankenlage, der **Wegerung**, verkleidet.

Als **Vor-** oder **Achterpiek** bezeichnet man abgeschlossene Stauräume im Vor- und Achterschiff.

Sperrholzschalenbau

Die Längsspant-Diagonal-Bauweise

Sie kommt der Vollholzbauweise am nächsten. Über Mallen werden massive Längsspantheile gebogen. Dieser Längsspantheile Unterbau bildet die Form, auf die Furniere von etwa 2 bis 3,5 mm Stärke oder wasserbeständiges Sperrholz aufgeplankt werden. Man beginnt auf halber Länge in einem Winkel von 45° und verlegt die zweite Lage in einem Winkel von etwa 90° zur ersten. Erforderlich sind mindestens drei Lagen.

Die äußere Decklage plankt man, aus ästhetischen Gründen, meist parallel zur Wasserlinie. Nach einer anderen Methode verlegt man die drei Lagen, nur um eine halbe Furnierbreite versetzt, in der gleichen Diagonalrichtung. Befestigt und verbunden werden die Lagen an den Längsspantheilen und untereinander mit Niroklammern (getackert) und mit Epoxidharz.

Die Formverleimung

Um den Furnieren die gewünschte Form geben zu können, braucht man ein festes Blockmodell (Positivmodell), über dem sie verleimt werden. Erforderlich für eine steife Außenhaut sind mindestens fünf Lagen Furniere. Um den nötigen Anpress- und Leimdruck zu erzeugen, gibt es verschiedene Verfahren. Zunächst das Nageln (Tackern): Die untere (innere) Furnierschicht

wird mit Kupferkrampen auf den Block genagelt. Sobald der Leim ausgehärtet ist, zieht man die Krampen heraus, und die nächste Furnierschicht kann auf die untere getackert werden. Den erforderlichen Druck erreicht man durch aufgelegte Sandsäcke oder Kissenpolster, die durch Streben und Keile angespresst werden.

Das **Vakuumverfahren** ist das heute gebräuchlichste: Die Form wird mit einem übergestülpten Gummisack oder einer entsprechenden Folie luftdicht abgeschlossen und mit einer Vakuumpumpe ein Unterdruck erzeugt. Allerdings muss dieser Vorgang bei jeder neuen Furnierlage wiederholt werden.

Ein anderes Verfahren arbeitet mit Gummi- oder Stahlbändern. Hierfür ist jedoch eine Negativschale notwendig, die über die Furniere auf den Block gestülpt wird und den gleichmäßigen Anpressdruck erzeugt.

Bei dem **Drucksackverfahren** schließlich wird Luft-, Dampf- oder Wasserdruck angewandt. Das den Druck erzeugende Medium wirkt hinter einer Gumm wand in einer halbzyklindrischen Druckkammer aus Stahlblech. Es gibt aber auch vollkommen geschlossene zylindrische Druckformen. In sie wird der Block mit den von einer eng anschließenden Gummimatte angepressten Furnieren auf einem Wagen hineingefahren.

Kunststoffbau

Nahezu alle Serienyachten aus GFK und sehr aufwendige Regattayachten werden in einer Hohlform, der Negativform oder Matritze, gebaut, das heißt von außen nach innen. Einzelkonstruktionen hingegen baut man meistens über einen Kern, die Positivform: Der Rumpf wird über einem Spant-

skelett auflaminiert. Er entsteht von innen nach außen.

Überwiegend arbeitet man mit einteiligen Rumpfformen, gelegentlich mit zweiteiligen. In jeder Form entsteht dann eine Bootshälfte, die beide später in der Mittschiffsebene zur Rumpfschale verbunden werden. Deck und Aufbauten bilden eine gesonderte Form. Die Verbindung mit der Rumpfschale bleibt an vielen Kunststoffyachten ein Schwachpunkt. Oft werden in einer zusätzlichen Form auch noch die Einbauten wie Bodengruppe, Kojen, Schränke und WC-Raum in einem Stück hergestellt und später mit der Rumpfschale verklebt.

Die **Sandwich-Bauweise** ergibt, bei großer Steifheit des Bootskörpers beziehungsweise Decks, ein nur geringes Gewicht und gute Isolation. Zwischen zwei Deckschichten wird ein leichter Kern aus Balsaholz, PVC-Hartschaum oder, vermehrt im Regattabootsbau, aus Waben aus Aramid-Vlies oder Carbon eingeschlossen.

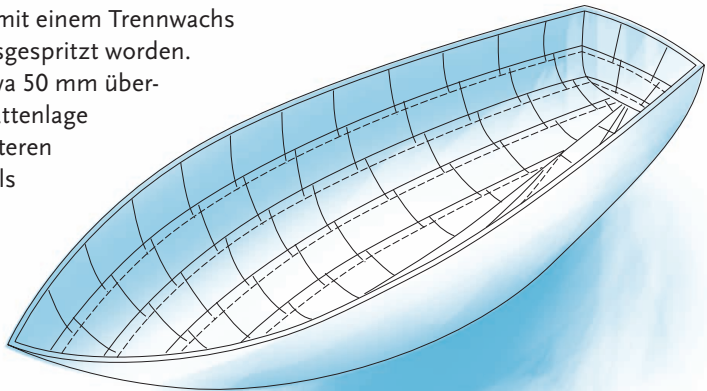
Bau in der Negativform

Um überhaupt eine Negativform zu erhalten, ist zunächst ein Positivmodell des

künftigen Bootsrumpfes zu fertigen. Über diesem Kern – meist aus Holz – wird die Negativform aus GFK aufgebaut und nach dem Aushärten außen verstärkt. Ein solcher Aufwand rentiert sich nur beim Serienbau, für den diese Form mehrere hundert Mal verwendet werden kann, oder für Regattayachten, weil Spachtel und somit Gewicht gespart werden kann.

Für den Bau wird die Form zunächst mit einem Trennmittel präpariert, um später das Entformen zu ermöglichen. Dann trägt man mit Lammfellwalze, Spritzpistole oder per Roboter das **Gelcoat** auf, die äußere Deckschicht aus Harz. Sie enthält Farbpigmente und bildet die künftige Außenhaut des Bootes. Sobald sie ausgehärtet ist, kommt darauf eine Harzschicht, in die man die erste der zuvor zugeschnittenen Glasfaserlagen einbettet, möglichst ein Vlies, das verhindert, dass Fasern der weiteren, stärkeren Armierung in die Gelcoatschicht eindringen. So wird eine Lage nach der anderen eingebracht und mit Harz durchtränkt, bis das Laminat die erforderliche Wandstärke erreicht. An Stellen besonderer Beanspruchung werden zusätzliche Lagen

Die Negativform ist mit einem Trennwachs und dem Gelcoat ausgespritzt worden. Darauf ist jeweils etwa 50 mm überlappend die erste Mattenlage eingebracht. Alle weiteren Lagen folgen ebenfalls wechselnd überlappend.



einlamiert. Zum vollständigen Aushärten empfiehlt sich das sogenannte Tempern bei Temperaturen zwischen 50 °C und 60 °C. Anschließend wird der Rumpf entformt und an den Rändern überstehendes Laminat abgefräst.

Das **Handauflegeverfahren**, auch Kontaktmethode genannt, ist die gebräuchlichste

Methode. Die Faserverstärkungen werden von Hand in das Harz eingebettet.

Beim **Faser-Harz-Spritzverfahren** ist die Harzspritzanlage mit einem Schneidwerk kombiniert, das die von Spulen zugeführten Rovingsstränge zu Glasseidenstapeln verschiedener Länge schneidet. Sie werden gleichzeitig mit dem Harz unter hohem

Kern und Form

1 Hilfsrahmen.

2 Hilfsleisten, rechtwinklig darauf angebracht.

3 Dünne Leisten, diagonal darauf befestigt, um die Rumpfkontur herzustellen.

4 Spachtelmasse, die durchgestrakt und lackiert wird, um ein perfektes Finish der davon abzunehmenden Form zu erreichen.

5 Feinschicht und ...

6 ... eine genügende Anzahl harzgetränkter Glaslagen, um der Form genügend Festigkeit zu verleihen.

