

DIN EN ISO 12215-10

ICS 47.080

**Kleine Wasserfahrzeuge –
Rumpfbauweise und Dimensionierung –
Teil 10: Takelagelasten und Takelagezubehör von Segelbooten
(ISO 12215-10:2020);
Deutsche Fassung EN ISO 12215-10:2020**

Small craft –

Hull construction and scantlings –

Part 10: Rig loads and rig attachment in sailing craft (ISO 12215-10:2020);

German version EN ISO 12215-10:2020

Petit navires –

Construction de la coque et échantillonnage –

Partie 10: Charges dans le gréement et points d'attache du gréement dans les bateaux à voiles
(ISO 12215-10:2020);

Version allemande EN ISO 12215-10:2020

Gesamtumfang 110 Seiten

DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 12215-10:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 188 „Small craft“ in Zusammenarbeit mit dem CEN-CENELEC Management Centre (CCMC) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 132-08-01 AA „Kleine Wasserfahrzeuge“ der DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3506-1:2020	siehe	DIN EN ISO 3506-1:2020-08
ISO 8666	siehe	DIN EN ISO 8666
ISO 12215-5:2019	siehe	DIN EN ISO 12215-5:2020-03
ISO 12215-6:2008	siehe	DIN EN ISO 12215-6:2020-05
ISO 12215-7:2020	siehe	DIN EN ISO 12215-7:2021-02
ISO 12215-8	siehe	DIN EN ISO 12215-8
ISO 12215-9	siehe	DIN EN ISO 12215-9
ISO 12217 (all Parts)	siehe	DIN EN ISO 12217 (alle Teile)

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3506-1:2020-08, *Mechanische Verbindungselemente — Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus korrosionsbeständigen nichtrostenden Stählen — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Stahlsorten und Festigkeitsklassen (ISO 3506-1:2020); Deutsche Fassung EN ISO 3506-1:2020*

DIN EN ISO 8666, *Kleine Wasserfahrzeuge — Hauptdaten*

DIN EN ISO 12215-5:2020-03, *Kleine Wasserfahrzeuge — Rumpfbauweise und Dimensionierung — Teil 5: Entwurfsdrücke für Einrumpffahrzeuge, Entwurfsspannungen, Ermittlung der Dimensionierung (ISO 12215-5:2019); Deutsche Fassung EN ISO 12215-5:2019*

DIN EN ISO 12215-6:2020-05, *Kleine Wasserfahrzeuge — Rumpfbauweise und Dimensionierung — Teil 6: Bauanordnung und Details (ISO 12215-6:2008); Deutsche Fassung EN ISO 12215-6:2018*

DIN EN ISO 12215-7:2021-02, *Kleine Wasserfahrzeuge — Rumpfbauweise und Dimensionierung — Teil 7: Bestimmung der Lasten für Mehrumpffahrzeuge und ihrer lokalen Dimensionierungen unter Anwendung der ISO 12215-5 (ISO 12215-7:2020); Deutsche Fassung EN ISO 12215-7:2020*

DIN EN ISO 12215-8, *Kleine Wasserfahrzeuge — Rumpfbauweise und Dimensionierung — Teil 8: Ruder*

DIN EN ISO 12215-9, *Kleine Wasserfahrzeuge — Rumpfbauweise und Dimensionierung — Teil 9: Anhänge von Segelbooten*

DIN EN ISO 12217 (alle Teile), *Kleine Wasserfahrzeuge — Stabilitäts- und Auftriebsbewertung und Kategorisierung*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Kleine Wasserfahrzeuge —
Rumpfbauweise und Dimensionierung —
Teil 10: Takelagelasten und Takelagezubehör von
Segelbooten (ISO 12215-10:2020)

Small craft —
Hull construction and scantlings —
Part 10: Rig loads and rig attachment in sailing craft
(ISO 12215-10:2020)

Petit navires —
Construction de la coque et échantillonnage —
Partie 10: Charges dans le gréement et points d'attache
du gréement dans les bateaux à voiles
(ISO 12215-10:2020)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 22. Februar 2020 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole	9
5 Anwendung des Dokuments	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Das vereinfachte Verfahren	11
5.3 Das entwickelte Verfahren	11
5.4 Schritte der Verfahren und zugehörige Abschnitte dieses Dokuments	11
6 Vereinfachtes und entwickeltes Verfahren — Entwurfsspannungen	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Entwurfsspannung gegenüber Sicherheitsfaktor	15
7 Entwickeltes Verfahren — Allgemeine Bewertungen, Entwurfsmoment	16
7.1 Allgemeines	16
7.1.1 Allgemeine Themen bezüglich der Konstruktion der Takelage	16
7.1.2 Segelkonfigurationen:	17
7.1.3 Bereitzustellende Takelagelasten und Angaben zur Einstellung	18
7.2 Entwurfsmoment M_D : aufrichtendes Moment oder Krängungsmoment	19
7.2.1 Allgemeines	19
7.2.2 Kurzbeschreibung des Entwurfs	19
7.2.3 Themen bezüglich Mehrumpfbooten/formstabiler Segelfahrzeuge, die Fall b) entsprechen, d. h. mit $M_{H1} < M_R$ UP1	23
7.2.4 Längskraft nach Lee F_{ADOWN} und Trimmmoment des Bugs M_{HDOWN} , Betrieb nur mit Spinnaker — „Normalfall“ (S_{C6}) oder „Ausnahmefall“ (S_{C8})	23
7.2.5 Maximales aufrichtendes Moment M_{RMAX} , Ausnahmefall, durch Fahren unter Spinnaker	23
7.2.6 Krängungskraft $F_{ABROACH}$ und Krängungsmoment $M_{HBROACH}$ während des Querschlagens unter Spinnaker, Ausnahmefall	24
7.2.7 Zu analysierende Mindestsegelkonfiguration und aufrichtendes Moment/Krängungsmoment	24
7.3 Takelageabmessungen und Standardwerte für Flächen, Kräfte und Angriffspunkte	26
7.4 Flügelmasten	32
7.5 Resultierende Kraft in den Segeln	33
8 Lasten in Takelageelementen — Entwickeltes Verfahren	34
8.1 Allgemeines	34
8.2 Kraft im Vorstag, inneren Vorstag, Achterliek des Großsegels und in den Fallen	34
8.2.1 Allgemeines	34
8.2.2 Kraft im Vorstag, inneren Vorstag, Achterliek des Großsegels und in den Fallen in Verbindung mit dem Durchhang	35

8.2.3	Kraft im Vorstag zum Ausgleich der Längskomponente von Kräften aus Wanten achtern, festem Achterstag/Backstag, Achterliek des Großsegels	35
8.3	Kraft im Achterstag, in Backstagen oder Gleichwertiges	36
8.3.1	Allgemeines	36
8.3.2	Fraktionelle Takelung mit festem Achterstag, keinem Backstag und nach achtern gepfeilten Salingen.....	36
8.3.3	Takelungsfall weder mit festem Achterstag noch mit Backstag	37
8.4	Kompression im Mastfuß/in der Maststütze	39
8.4.1	Allgemeines	39
8.4.2	Anfängliche Mastkompression aufgrund der Vorspannung.....	39
8.4.3	Mastkompression infolge Krängung oder Querschlagen	40
8.4.4	Entwurfskompression im Mastfuß/in der Maststütze	40
8.4.5	Detaillierte Themen bezüglich Mastfuß/Maststütze.....	40
8.5	Endgültige Entwurfslast auf Takelageelementen.....	40
9	Zu bewertende Strukturbauteile – Vereinfachtes oder entwickeltes Verfahren.....	41
9.1	Allgemeines	41
9.2	Mastfüße und Maststützen und deren Verbindung mit der Struktur des Wasserfahrzeugs.....	41
9.3	Püttings und deren Verbindungen mit der Struktur des Wasserfahrzeugs	42
9.4	Einzelheiten des Entwurfs von Püttings und deren Verbindung mit der Struktur	42
9.4.1	Allgemeines	42
9.4.2	Püttings aus faserverstärkten Kunststoffstreifen	43
10	Anwendung des vereinfachten Verfahrens.....	44
11	Anwendung des entwickelten Verfahrens	44
11.1	Allgemeines	44
11.2	Allgemeine Leitlinie für die Bewertung durch numerische 3D-Verfahren.....	44
11.2.1	Allgemeines	44
11.2.2	Werkstoffeigenschaften	44
11.2.3	Grenzannahmen.....	45
11.2.4	Lastaufbringung.....	45
11.2.5	Modellidealisierung.....	45
11.3	Bewertung durch Verfahren, die auf der „Festigkeit von Werkstoffen“ beruhen	45
12	Anwendung dieses Dokuments	45
13	Informationen im Eignerhandbuch	45
14	Angaben für den Bootsbauer.....	46
	Anhang A (informativ) Anwendungsblatt von ISO 12215-10.....	47
	Anhang B (informativ) Angaben zu Metallen und Schrauben.....	49
	Anhang C (normativ) Vereinfachte „bestehende Praxis“ für die Bewertung von Mastfuß/Maststütze	54
	Anhang D (normativ) Vereinfachte „bestehende Praxis“ für die Bewertung von Püttings und deren Verbindung	63
	Anhang E (informativ) Vereinfachte Berechnung „bestehender Praxis“ von Quertakelageelementen — Beispiele.....	88
	Literaturhinweise.....	105

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 12215-10:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 188 „Small craft“ in Zusammenarbeit mit CCMC erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2021 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 12215-10:2020 wurde von CEN als EN ISO 12215-10:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde von ISO/TC 188, *Small craft*, erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 12215 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Der Grund für die Erstellung der Normenreihe ISO 12215 ist, dass sich die Dimensionierungsregeln und empfohlenen Praktiken für kleine Wasserfahrzeuge erheblich unterscheiden, so dass die weltweite Akzeptanz von Wasserfahrzeugen eingeschränkt ist.

Dieses Dokument gibt die Mindestanforderungen der aktueller Praxis wieder.

Die Dimensionierung nach diesem Dokument entspricht der derzeitigen Praxis, vorausgesetzt, dass das Wasserfahrzeug korrekt im Sinne guter Seemannskunst und bei einer dem vorherrschenden Seegang angepassten Geschwindigkeit bedient und ausgestattet wird.

Dieses Dokument ist keine Konstruktionsnorm und Konstrukteure/Bootsbauer werden eindringlich davor gewarnt, zu versuchen, ein Wasserfahrzeug so zu entwerfen, dass nahezu alle Bauteile gerade noch den Anforderungen entsprechen.

Die Verbindung zwischen dem Takelagezubehör und der Struktur muss stärker sein als das Takelagezubehör selbst. Es wird daher davon ausgegangen, dass eine unvorhergesehene Überlast keine Loslösung von der Struktur zur Folge hat und die wasserdichte Integrität erhalten bleibt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren fest für die Bestimmung:

- der Entwurfslasten und Entwurfsspannungen bei Takelageelementen und
 - der Lasten und der Dimensionierung von Takelagezubehör und von Mastfüßen/Maststützen
- bei Einrumpf- und Mehrumpf-Segelfahrzeugen.

Außerdem sind in den Anhängen des Dokuments auch „bestehende Praktiken“ für die Bewertung von Mastfüßen/Maststützen oder Püttings angegeben.

ANMERKUNG 1 Weitere technische Verfahren können angewendet werden, vorausgesetzt, die Entwurfslasten und Entwurfsspannungen werden verwendet.

Dieses Dokument ist für Wasserfahrzeuge mit einer Rumpflänge L_H von bis zu 24 m anwendbar, kann aber auch bei Wasserfahrzeugen von bis zu 24 m Konstruktionswasserlinie angewendet werden.

ANMERKUNG 2 Die Länge der Konstruktionswasserlinie ist in der IMO „International Load Lines Convention 1966/2005“ festgelegt und ist kleiner als L_H . Diese Länge legt darüber hinaus bei 24 m die untere Grenze mehrerer IMO-Konventionen fest.

Dimensionierungen, die aus diesem Dokument hergeleitet wurden, sind in erster Linie dazu vorgesehen, für Freizeitboote, einschließlich Charterschiffe, angewendet zu werden.

Dieses Dokument ist nicht für Rennwasserfahrzeuge anwendbar, die ausschließlich für professionelle Rennen entworfen werden.

Dieses Dokument berücksichtigt ausschließlich die Lasten, die beim Segeln auftreten. Sämtliche Lasten, die durch andere Umstände entstehen können, werden in diesem Dokument nicht berücksichtigt.

In diesem Dokument, und sofern nicht anders festgelegt, sind die Abmessungen in (m), Flächen in (m²), Massen in (kg), Kräfte in (N), Momente in (Nm), Spannungen und Elastizitätsmodule in N/mm² (1 N/mm² = 1 Mpa) angegeben. Sofern nicht anders festgelegt, wird das Wasserfahrzeug im voll beladenen fahrbereiten Zustand bewertet.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 12215-5:2019, *Small craft — Hull construction and scantlings — Part 5: Design pressures for monohulls, design stresses, scantlings determination*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Entwurfskategorien

Beschreibung der See- und der Windverhältnisse, für die ein Wasserfahrzeug als geeignet bewertet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Entwurfskategorien sind in ISO 12217 (alle Teile) festgelegt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Definitionen der Entwurfskategorien stimmen mit der Europäischen Richtlinie über Sportboote 2013/53/EU überein.

[QUELLE: ISO 12215-5:2019, 3.1]

3.2

Verdrängung des voll beladenen Wasserfahrzeugs

m_{LDC}

Masse des von dem Wasserfahrzeug einschließlich aller Anhänge im voll beladenen fahrbereiten Zustand verdrängten Wassers

Anmerkung 1 zum Begriff: Der voll beladene fahrbereite Zustand wird in ISO 8666 näher definiert.

[QUELLE: ISO 12215-5:2019, 3.2]

3.3

Segelfahrzeug

Wasserfahrzeug, dessen Hauptantriebsmittel Windkraft ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies wird in ISO 8666 näher definiert.

[QUELLE: ISO 12215-5:2019, 3.3, modifiziert — Anmerkung 2 zum Begriff gelöscht.]

3.4

Einrumpfboot

Wasserfahrzeug mit nur einem Rumpf

3.5

Mehrrumpfboot

Wasserfahrzeug mit zwei oder mehr Rümpfen, die mit einem Nassdeck/einer Plattform oder mit Crossbeams über der Wasserlinie des beladenen Boots miteinander verbunden sind, anders als bei einem Tunnelboot oder einer Gabarre

3.6

Mastfuß

am Fußpunkt des Mastes angebrachtes Element, das den Druck auf den Mast unterstützt und auf die restliche Struktur überträgt

3.7

Maststütze

Stütze

Bauelement bei einer im Deck verankerten Takelage, das den Mastdruck auf die restliche Struktur überträgt

3.8

Pütting

Takelagezubehör

Komponente(n), an der/denen die Takelageelemente befestigt werden und die deren Last auf die restliche Struktur übertragen, einschließlich Zugstangen, sofern zutreffend

BEISPIEL Metallpütting, Pütting aus Verbundwerkstoffstreifen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Anhang D.

3.9

Verbindung

<des Mastfußes, der Stütze oder des Püttings mit der Struktur> alle Elemente oder jede Gruppe von Elementen, die das Takelagezubehör mit der Struktur des Wasserfahrzeugs verbinden

BEISPIEL Schrauben, Laminierung.

Anmerkung 1 zum Begriff: Einige dieser Elemente können Teil des Püttings sein.

3.10

Zustand m_{LDC}

maximaler Lastzustand, der der *Verdrängung des voll beladenen Wasserfahrzeugs* (3.2) entspricht

4 Symbole

Sofern nicht anders angegeben, gelten die in Tabelle 1 angegebenen Symbole, Faktoren und Parameter.

Tabelle 1 — Symbole, Faktoren, Parameter

Symbol	Einheit	Bezeichnung/Symbolbedeutung	Bezug
1 – Hauptabmessungen der Wasserfahrzeuge			
B_{CB}	m	Breite zwischen den Rumpfschwerpunkten: zwischen den Mittelrumpfschwerpunkten bei Katamaranen und zwischen C_B des Mittelrumpfes und C_B des Schwimmkörpers bei Trimaranen	Tabelle 5, Bild 3
B_{CP}	m	Breite zwischen den Püttings (von Backbord zu Steuerbord)	Tabelle C.1, Bild 3
B_H	m	Rumpfbreite	Tabelle 5, Punkt 1
GZ_{30}	m	aufrechtender Hebelarm bei einem Krängungswinkel von 30° bei Einrumpfbooten	Tabelle 5
L_{WL}	m	Wasserlinienlänge im Zustand m_{LDC}	7.5, Tabelle 10
V_{CG}	m	Höhe des Schwerpunkts des Wasserfahrzeugs über T_C Unterkante	Tabelle 5, Bild 3
m_{LDC}	kg	Verdrängung des voll beladenen Wasserfahrzeugs (3.2) oder Zustand (3.10)	3.2, Abschnitt 13
n_{PH}	1	Anzahl der ausreitenden Personen	Tabelle 5, Punkt 1
T_C	m	Rumpftiefgang	Tabelle 5, Bild 3
2 – Hauptabmessungen der Takelage und damit verbundene Daten			
A_i	m ²	Segelfläche, Index i , der den Namen des Segelschiffes oder eine Kombination festlegt	Tabelle 5 bis Tabelle 8 usw.
F_{Ai}	N	aerodynamische Kraft, wobei Index i festlegt, welcher Kraft er entspricht	Tabelle 5 bis Tabelle 8
F_{DMC}	N	Bemessungsdruckkraft auf einem einzelnen Mastfuß/einer einzelnen Stütze	8.4. Anhang C
F_{DMCi}	N	Bemessungsdruckkraft auf einem Mastfuß/einer Stütze bei einer Takelage mit zwei Masten, wobei der Index $i = 1$ oder 2 ist	8.4. Anhang C

Symbol	Einheit	Bezeichnung/Symbolbedeutung	Bezug
M_D	Nm	Bemessungsmoment bei aufgezogenen Segeln	Tabelle 5 und Tabelle 6
M_{Hi}	Nm	Krängungsmoment, wobei Index $i = UP, MAX, BROACH, DOWN$ ist.	Tabelle 5 und Tabelle 6
M_{Ri}	Nm	aufrichtendes Moment, wobei Index $i = UP, \phi_{UP, MAX}$ ist.	Tabelle 5
$V_{ACEK\ i}$	Knoten	scheinbare Entwurfswindgeschwindigkeit, in Knoten, in der Mitte der Segelfläche, wobei Index i für die Segelkonfiguration S_{Ci} steht	Tabelle 5 und Tabelle 7
$V_{ACEM\ i}$	m/s	scheinbare Entwurfswindgeschwindigkeit, in m/s, in der Mitte der Segelfläche, wobei Index i für die Segelkonfiguration S_{Ci} steht	Tabelle 5 und Tabelle 7
$V_{AMT\ i}$	m/s (Knoten)	scheinbare Entwurfswindgeschwindigkeit an der Mastspitze, wobei Index i für die Segelkonfiguration S_{Ci} steht	Anmerkung 5 in Tabelle 5
Siehe Tabelle 8 für ausführliche Abmessungen der Takelage, Flächen usw.			
3 – Faktoren			
k_{DCR}	1	Entwurfskategoriefaktor für die Takelage	Tabelle 3, Punkt 5
k_{DSR}	1	dynamischer Segel- und Takelagefaktor	Tabelle 10, Punkt 1
k_{HF}	1	Druckhöhenfaktor Focksegel	Tabelle 9, Punkt 1
k_{HMS}	1	Druckhöhenfaktor Großsegel	Tabelle 9, Punkt 3
k_{LC}	1	Lastfallfaktor	Tabelle 3 und Tabelle 7
k_{MAT}	1	Werkstofffaktor	Tabelle 3, Punkt 3
k_{ROACH}	1	Roach-Faktor	Tabelle 8
k_{SAGF}	1	Durchhangfaktor des Vorstags oder inneren Vorstags = Segmenthöhe Stagdurchhang/Staglänge	Tabelle 10, Punkt 3
k_{SAGM}	1	Durchhangfaktor des Achterlieks des Großsegels	Tabelle 10, Punkt 3
k_{ϕ}	1	Faktor, der den Krängungswinkel von Mehrumpffahrzeugen bewertet	Tabelle 5, Punkt 1
4 – Sonstige Variablen			
S_{Ci}	1	Segelkonfiguration, wobei i der Index der Konfiguration ist	Tabelle 7
S_{Fi}	1	Sicherheitsfaktor gegen i , wobei der Index i entweder y (Dehnung) oder u (Bruchspannung) entspricht	Tabelle 4
σ_i, τ_i	N/mm ²	Normal- oder Scherspannung, wobei $i = LIM, u, uw, yw, uc, ut, uf$ sein kann	Tabelle 3
ϕ	Grad	Krängungswinkel, der bei Einrumpfbooten 30° sein darf oder ϕ_{LIM} bei Mehrumpffbooten	Tabelle 5

5 Anwendung des Dokuments

5.1 Allgemeines

Dieses Dokument ermöglicht die Bestimmung der Entwurfslasten und Entwurfsspannungen auf Takelageelementen kleiner Segelfahrzeuge und die Bewertung der Entwurfslasten auf den Mastfuß/die Stütze und auf Püttings sowie deren Verbindung mit der Struktur des Wasserfahrzeugs:

- 1) nach einem vereinfachten Verfahren oder
- 2) nach einem entwickelten Verfahren.

Diese Verfahren werden in Tabelle 2 Schritt für Schritt festgelegt.

Das entwickelte Verfahren ermöglicht auch die Bestimmung der Takelagekosten, die zur Bewertung der globalen Lasten in der Struktur von Mehrtrumpf Fahrzeugen nach ISO 12215-7:2020 erforderlich sind.

5.2 Das vereinfachte Verfahren

In Abschnitt 14 wird gefordert, dass der Mast-/Takelagehersteller die Entwurfslast auf Mastfüßen/Stützen und auf jedem Takelageelement, die Abmessungen der Endbeschlagteile usw. bereitstellt, die nach 7.1.3 bewertet werden. Falls diese Angaben nicht verfügbar sind, gilt das „vereinfachte Verfahren“ durchgehend für die Anhänge über „bestehende Praktiken“: Anhang C für das „Basisverfahren“ oder das „erweiterte“ Verfahren für Mastfüße/Maststützen oder Anhang D für Püttings oder deren Verbindungen.

5.3 Das entwickelte Verfahren

Dieses Verfahren beinhaltet die vollständige Bestimmung der Entwurfslasten auf Mastfüßen/Stützen und auf jedem Takelageelement, der Abmessungen der Endbeschlagteile usw., die nach Abschnitt 7 bewertet werden. Die Bewertung des Mastfußes/der Mastfüße, der Maststütze(n), der Püttings und deren Verbindungen zum Wasserfahrzeug muss dann entweder durch die Verfahren „bestehender Praxis“ nach Anhang C und Anhang D oder durch ein beliebiges maßgebendes technisches Verfahren einschließlich Finite-Elemente-Methoden (FEM) überprüft werden.

ANMERKUNG Da die tatsächliche Dimensionierung von Mast und Takelage ein komplexes Mastbiege- und Knickproblem ist, bei dem die abgestimmte Dehnbarkeit der Takelage im Vordergrund steht, werden Dimensionierungen des Masts absichtlich aus dem Anwendungsbereich dieses Dokuments weggelassen, selbst wenn die Werte der festgelegten Lasten eine nützliche Information sind.

5.4 Schritte der Verfahren und zugehörige Abschnitte dieses Dokuments

Tabelle 2 fasst die Schritte für beide Verfahren zusammen und gibt die zugehörigen Abschnitte dieses Dokuments an.

Tabelle 2 — Bewertungsverfahren

Schritt	Verfahren	Abschnitt und Tabelle
	1 – VEREINFACHTES VERFAHREN für Mastfuß/Stütze oder Pütting	5.2
1.1	Bestimmung der Entwurfsspannung	Abschnitt 6 und Tabelle 3

Schritt	Verfahren	Abschnitt und Tabelle
1.2	Wenn vom Mast-/Takelagehersteller/-anbieter keine Angaben verfügbar sind, ermöglichen das „Basis“- oder das „erweiterte“ Verfahren „bestehender Praxis“ nach Anhang C eine einfache Bestimmung der Entwurfskompressionskraft F_{DMC} und der Dimensionierungen von Mastfüßen/Stützen und deren Verbindungen mit der Struktur. In Tabelle C.4 und Tabelle C.5 sind auch Beispiele für die Berechnung des Mastfuß-/Stützenbodens entsprechend der Entwurfskraft angegeben.	Anhang C
1.3	für Püttings und deren Verbindung wird das „bestehende Verfahren“ nach Anhang D angewendet	Anhang D
1.4	zu bewertende Bauteile – Mastfuß oder Pütting	Abschnitt 9
1.5	Verwendung der Anhänge für das vereinfachte Verfahren	Abschnitt 10
1.6	Anwendung dieses Dokuments und des Anwendungsdatenblatts	Abschnitt 12, Anhang A
1.7	Informationen im Eignerhandbuch	Abschnitt 13
1.8	vom Takelagen-/Masthersteller/-anbieter für den Bootsbauer bereitzustellende Angaben	Abschnitt 14
	2 – ENTWICKELTES VERFAHREN für Takelagelast, Mastfuß/Stütze oder Pütting Berechnung sämtlicher Lasten in der Takelage	5.3
2.1	Bestimmung der Entwurfsspannung	Abschnitt 6 und Tabelle 3
2.2	Entwickeltes Verfahren: allgemeine Bewertungen, Entwurfsmoment Bestimmung der Entwurfsmomente/-kräfte entsprechend der Segelkonfiguration S_{Ci} : <ul style="list-style-type: none"> – Gleichungen für die Bestimmung von Entwurfsmomenten und -kräften luvseits; – Gleichungen für die Bestimmung von Entwurfsmomenten und -kräften leeseits; – Segelkonfigurationen, Entwurfs-Krängungsmoment/aufrichtendes Moment und scheinbare Windgeschwindigkeit; – Takelageabmessungen und Standardwerte für Maße, Flächen und Angriffspunkte; – Querkräfte in den Segeln. 	Abschnitt 7 und: 7.2 und Tabelle 5 7.2 und Tabelle 6 7.2 und Tabelle 7 7.3 und Tabelle 8 7.5 und Tabelle 9
2.3	Entwurfslasten in Takelageelementen: <ul style="list-style-type: none"> – Kräfte im Vorstag, inneren Vorstag, Achterliek des Großsegels und in den Fallen; – Kräfte im Achterstag oder Backstag oder Gleichwertiges. 	Abschnitt 8 und: 8.2 und Tabelle 10 8.3 und Tabelle 10
2.4	zu bewertende Bauteile – Mastfuß oder Pütting	Abschnitt 9
2.6	Anwendung des entwickelten Verfahrens	Abschnitt 11

Schritt	Verfahren	Abschnitt und Tabelle
2.7	Anwendung dieses Dokuments und der Anwendungserklärung	Abschnitt 12, Anhang A
2.8	Informationen im Eignerhandbuch	Abschnitt 13
2.9	Angaben für den Bootsbauer	Abschnitt 14

6 Vereinfachtes und entwickeltes Verfahren — Entwurfsspannungen

6.1 Allgemeines

Die in Tabelle 3 festgelegten Entwurfsspannungen müssen verwendet werden.

ANMERKUNG Diese sind ähnlich den in ISO 12215-9:2012 verwendeten Entwurfsspannungen mit der Ausnahme, dass der dynamische Faktor für die Takelage k_{DSR} die Lasten für leichte Wasserfahrzeuge erhöht, die deshalb ein „dynamisches Verhalten“ aufweisen, siehe Tabelle 10, Punkt 1.

Dieses Dokument unterscheidet zwei Arten von Lastfällen: „Normalfall“ und „Ausnahmefall“, siehe 7.1, das heißt zwei verschiedene Entwurfsspannungen.

Die Spannungen werden durch Multiplizieren, sofern zutreffend, siehe Tabelle 2 und Tabelle 3, der tatsächlichen Spannungen σ_{act} , τ_{act} , usw. mit k_{DSR} erzielt, und sie dürfen nicht größer als die Entwurfsspannungen σ_d , τ_d usw. sein.

Die „Grenz“-Spannungen σ_{LIM} oder τ_{LIM} sind in Tabelle 3 angegeben und entsprechen den folgenden Spannungszuständen:

- für Metalle gelten für die Spannungen die nachfolgend aufgeführten einbuchstabigen Indizes: y für Dehngrenze, und u für Bruchspannung; das zweite Zeichen der zweibuchstabigen Indizes ist w, für den verschweißten Zustand innerhalb einer Wärmeeinflusszone (siehe Tabelle 3, Tabellenfußnote a);
- bei faserverstärkten Kunststoffen und Holz bedeutet das zweite Zeichen der Indizes, u, Bruchspannung; bzw. steht das erste Zeichen t für Zugspannung, c für Druckspannung und f für Biege- oder Auflagerspannung.

Die Quellen für die Werte dieser Spannungen, d. h. σ_y , σ_u oder τ_u für unverschweißte Metalle, oder σ_{yw} , σ_{uw} oder τ_{uw} für verschweißte Metalle in Wärmeeinflusszonen, oder σ_{tw} , σ_{cw} , σ_{fu} , σ_{bu} oder τ_u für Holz und faserverstärkte Kunststoffe müssen folgende sein:

- entweder die „Standard“-Werte nach Anhang B oder Anhang D oder vom Hersteller/Anbieter der Takelage bereitgestellte schriftliche Angaben;
- für andere als die in der Takelage verwendeten Metalle nach Anhang B für die aufgeführten Metalle, oder dokumentierte Werte für sonstige Metalle aus einer anerkannten Norm oder aus erfolgten Prüfungen nach einer anerkannten Norm;
- für faserverstärkten Kunststoff bzw. Holz/Sperrholz jeweils nach Anhang C oder Anhang F von ISO 12215-5:2019.

Tabelle 3 — Entwurfsspannung und Anpassungsfaktoren

1 – Entwurfsspannung				
σ_d oder τ_d	$\sigma_d = \sigma_{LIM} \times k_{MAT} \times k_{LC} \times k_{DCR}$, oder $\tau_d = \tau_{LIM} \times k_{MAT} \times k_{LC} \times k_{DCR}$ bei der Dehngrenze oder Bruchspannung, und Auflagerspannung, wie jeweils zutreffend, siehe 6.1, für die die Anpassungsfaktoren nachfolgend festgelegt werden			
2 – Grenzspannung				
Grenzspannung	Werkstoff/Bezeichnung		Wert	
σ_{LIM} oder τ_{LIM}	Metalle, unverschweißt oder außer Reichweite von Wärmeeinflusszonen ^{a,b,c}		$\sigma_{LIM} = \min(\sigma_y; 0,5 \sigma_u)$ oder $\tau_{LIM} = \min(\tau_y; 0,5 \tau_u)$	
	Metalle, innerhalb von Wärmeeinflusszonen, in geschweißtem Zustand ^{a,b,c}		$\sigma_{LIM} = \min(\sigma_{yw}; 0,5 \sigma_{uw})$ oder $\tau_{LIM} = \min(\tau_{yw}; 0,5 \tau_{uw})$	
	Holz oder faserverstärkter Kunststoff je nach aufgebrachtener Spannung		$(\sigma_{uc}, \sigma_{ut}, \sigma_{uf}$ und $\tau_u)^c$ wie jeweils zutreffend	
3 – Spannungsfaktor bei Werkstoffen k_{MAT}				
k_{MAT}	Metalle mit Reißdehnung $\varepsilon_R \geq 7 \%$		$k_{MAT} = 0,75$	
	Metalle mit Reißdehnung $\varepsilon_R < 7 \%$		$k_{MAT} = \min(0,0625 \varepsilon_R + 0,3125; 0,75)^d$	
	Holz und faserverstärkter Kunststoff		$k_{MAT} = 0,33$	
4 – Werte des Lastfallfaktors k_{LC}^e				
k_{LC}	Art der Last:		Normalfall	Ausnahmefall
	Mast/Takelage	Metall	(1,11)	(1,33)
	Takelage	Reinfaser	(1,30)	(1,56)
	Mast/Takelage	faserverstärkter Kunststoff oder Holz	(1,20)	(1,44)
	Fuß des Masts/der Stütze, Pütting	Metall	1,10	1,32
	Fuß des Masts/der Stütze, Pütting	faserverstärkter Kunststoff/Holz	1,05	1,26
	Püttings aus Streifen aus faserverstärktem Kunststoff	(nur UD (unidirektionale)-Streifen) ^f	0,35	0,42
	Verbindung vorstehender Bestandteile mit der Struktur	Metall	0,92	1,10
	Verbindung vorstehender Bestandteile mit der Struktur	faserverstärkter Kunststoff/Holz (Bolzen, Schrauben usw.)	0,88	1,05
	Verbindung vorstehender Bestandteile mit der Struktur	faserverstärkter Kunststoff, mitgehärtet oder verklebt ^f	0,83	1,00

5 – Werte des Entwurfskategoriefaktors für die Takelage k_{DCR}		
k_{DCR}	Wasserfahrzeuge der Entwurfskategorien A und B	1,00
	Wasserfahrzeuge der Entwurfskategorien C und D	1,25
a	Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass sich die Wärmeeinflusszone innerhalb von 50 mm von den Schweißstellen befindet.	
b	Für Metalle $\tau = 0,58 \sigma$ oft gerundet auf 0,6 wie in EN 1993.	
c	Die Auflagerspannung hängt von der Werkstoffart und den Abmessungen ab. In Tabelle D.6, Punkt 4 oder Tabelle D.7 sind empfohlene Werte angegeben. (Siehe Literaturhinweise [13] und [15]).	
d	Die Gleichung ergibt 0,75 für $\epsilon_R \geq 7 \%$ (z. B. hauptsächlich Baumetalle und duktiles Gusseisen) und 0,375 für $\epsilon_R < 7 \%$ bei Gusseisen mit Lamellengrafit, mit linearer Interpolation dazwischen.	
e	Die Entwurfsspannungen entsprechen entweder „Normal-“ oder „Ausnahme“-Fällen in Tabelle 7, die „Ausnahme“-Spannungen betragen 120 % der „normalen“ Spannungen, d. h. der Sicherheitsfaktor beträgt 83 % der Normalspannungen. Die „normalen“ Entwurfslasten für den Mastfuß/die Stütze oder Püttings betragen 120 % derjenigen für Mast/Takelage, und die Werte der Verbindung des Mastfußes/Püttings mit der Struktur betragen wiederum 120 % des Mastfußes/Püttings, d. h. 144 % der Mast-/Takelagelasten. k_{LC} schwankt als Kehrwert dieser Verhältnisse (siehe Tabelle 4 für Erläuterungen).	
f	Die Werte für die UD Püttings aus Verbundwerkstoffstreifen sind zu gering, um Spannungserhöhungen während des unidirektionalen Wegs um die Steckhülse zu berücksichtigen, wobei dies für das Mithärten/Verkleben des gesamten Püttings nicht unbedingt zutrifft, vorausgesetzt, es gilt die korrekte für Verkleben zulässige Scherspannung, siehe D.6.	
ANMERKUNG Die Entwurfsspannungen in Tabelle 3 und Sicherheitsfaktoren (S_{Fu} oder S_{Fy}) in Tabelle 4 sowie Lasten für Takelage und Mastelemente sind in Klammern ausschließlich zu Informationszwecken angegeben, da sie nicht von diesem Dokument abgedeckt sind. Der Sicherheitsfaktor bei Bruchspannung ist für eine Metalltakelage angegeben (2,4), in der Praxis schwankt er jedoch für Einrumpfboote häufig zwischen 2 und 3,5 entsprechend des vom Bootsbauer/Konstrukteur angewendeten Verfahrens und der Fahrweise des Wasserfahrzeugs. Bei leichten Mehrumpfbooten, die „einen Rumpf anheben“, darf er bis auf 1,5 runtergehen, da diese Situation außer bei reinen Sporttrimaranen nicht häufig vorkommt (eine Ausnahmesituation ist). Darüber hinaus ist die Takelage häufig wesentlich stabiler als angegeben, um die Dehnung der Takelage aus Gründen der Maststabilität zu begrenzen, insbesondere bei einem nicht metallischen Takelagesystem.		

ANMERKUNG Die Senkung von k_{LC} (oder Erhöhung des Sicherheitsfaktors S_F) von der Takelagelast zum Mastfuß/Pütting und die anschließende Senkung von deren Verbindung mit der Struktur stellt sicher, dass die Verbindung Mastfuß/Pütting stärker ist als die Mastkompression/Zuglasten der Takelage (d. h. das Pütting muss nach der Takelage brechen), wobei die Unsicherheiten bei der Berechnung der effektiven Spannungen der Verbindung angemessen zu berücksichtigen sind.

6.2 Entwurfsspannung gegenüber Sicherheitsfaktor

Die anwendbaren Grenzspannungen in der ersten Zeile von Tabelle 3 werden mit mehreren Faktoren multipliziert wie dem Entwurfskategoriefaktor k_{DCR} , dem Werkstofffaktor k_{MAT} und dem Lastfallfaktor k_{LC} . Da viele Anwender oder Vorschriften zu Vergleichszwecken auf Sicherheitsfaktoren S_F verweisen, werden in Tabelle 4 die Anforderungen von Tabelle 2 und Tabelle 3 hinsichtlich Sicherheitsfaktoren oder Gleichwertigem umgewandelt. Wenn R_y und R_u jeweils als Dehngrenze beziehungsweise Bruchlast eines Bauelements angenommen werden und F_{RIG} als die Last in einem Takelageelement, ergeben sich in den Zeilen für Metall beziehungsweise faserverstärkten Kunststoff das Verhältnis R_y/F_{RIG} , bzw. R_u/F_{RIG} , wobei für Metall besonders betrachtet wird, ob $\sigma_y > 0,5 \sigma_u$ oder $\sigma_y \leq 0,5 \sigma_u$ ist.

Der Einfachheit halber werden in Tabelle 4 in Spalte 7 nur der Sicherheitsfaktor bei Bruchlast $S_{FU} = 1/(\sigma_d/\sigma_u)$ und in Spalte 8 das Verhältnis $S_{FU}/S_{FU\ RIG}$ für „normale“ Lastfälle berechnet, wobei die Entwicklung der Sicherheitsfaktoren vom Mast/der Takelage zur Verbindung mit der Struktur dargestellt wird. Für „Ausnahme“-Lastfälle wird der Sicherheitsfaktor mit 0,833 multipliziert (d. h. durch 1,2 dividiert).

ACHTUNG — Tabelle 4 zeigt die Werte für die Entwurfskategorien A und B, mit $k_{DCR} = 1$, und für die Entwurfskategorien C und D mit $k_{DCR} = 1,25$, und der Sicherheitsfaktor wird mit $1/1,25 = 0,8$ multipliziert, d. h. um 20 % verringert.

Tabelle 4 — Werte der verschiedenen aus Tabelle 3 berechneten Sicherheitsfaktoren

1	2	3	4	5	6	7	8
					$\sigma_d = \sigma_{LIM} \times k_{MAT} \times k_{LC} \times k_{DCR} / \sigma_u$		
Lastfallbeschreibung	$\sigma_{LIM} / \sigma_u^a$	k_{MAT}	k_{DCR}	k_{LC} Normal	σ_d / σ_u	R_u Takelage / F Takelage $1 / (\sigma_d / \sigma_u)$	$R_{U\ ELEM}$ / $R_{U\ RIG}$
Takelage- oder Mastlast – Metall	0,50	0,75	1,0	1,11	0,42	(2,40)	(1,00)
Takelage- oder Mastlast – Reinfaser-Takelage	1,00	0,33	1,0	1,30	0,43	(2,33)	(0,97)
Mastlast faserverstärkter Kunststoff – Mast	1,00	0,33	1,0	1,20	0,40	(2,53)	(1,05)
Pütting/Mastfuß – AISI 316	0,42	0,75	1,0	1,10	0,35	2,87	1,19
Pütting/Mastfuß – ALU 5086 H111	0,42	0,75	1,0	1,10	0,34	2,91	1,21
Pütting – faserverstärkter Kunststoff	1,00	0,33	1,0	1,05	0,35	2,89	1,20
Püttings aus FK-Streifen (nur UD-Streifen)	1,00	0,33	1,0	0,35	0,08	8,66	3,6
Verbindung mit der Struktur, Metall	0,42	0,75	1,0	0,92	0,29	3,48	1,45
Verbindung mit der Struktur, faserverstärkter Kunststoff/Holz – Normalspannung	1,00	0,33	1,0	0,88	0,29	3,46	1,44
Verbindung mit der Struktur, faserverstärkter Kunststoff mitgehärtet/verklebt	1,00	0,33	1,0	0,83	0,27	3,65	1,52
^a Beispiele für die Berechnung von Werten in Spalte 2: AISI 316 Pütting $\sigma_{LIM} / \sigma_u = \min (220; 0,5 \times 520) / 520 = 0,5$; Aluminium 5086 H 111 geschweißt oder nicht $\sigma_{LIM} / \sigma_u = \min(100; 0,5 \times 240) / 240 = 0,423$ 0.							

7 Entwickeltes Verfahren — Allgemeine Bewertungen, Entwurfsmoment

7.1 Allgemeines

7.1.1 Allgemeine Themen bezüglich der Konstruktion der Takelage

Dieses Dokument legt die geforderten Entwurfslasten auf Takelageelementen fest, jedoch nicht deren tatsächliche Bruchlast oder Spannung (Dehnung). Der Grund dafür ist, dass Wanten und Stagen aufgrund von Steifigkeitserwägungen häufig überdimensioniert sind, um eine Mastknickung zu vermeiden und das ‚Umstürzen‘ des Mastes zur windabgewandten Seite einzuschränken. Dies trifft insbesondere auf nicht metallische Takelagen zu. Hingegen legt dieses Dokument Entwurfslasten für die Verbindung der Takelageelemente mit deren Zubehör oder Fundament (Mast- oder Stützfüße und Püttings des Takelagezubehörs) fest. Die in diesem Dokument festgelegten Lasten auf Takelageelementen von Mehrtrumpfbooten (Lasten auf Wanten und Stagen, Mastkompression, Zug der Großschot) sind ebenfalls nützlich für die Beurteilung der in ISO 12215-7:2020 verwendeten globalen Lasten.

Das Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Lasten auf die Masten und deren Tauwerk (und deshalb deren Befestigungen) ist von entscheidender Bedeutung. Die in diesem Dokument berücksichtigten Werte sind die Mindestwerte, die diesem Gleichgewicht entsprechen, das einer richtigen Aufstellung der Takelage und vollständigen „Justierung“ bedarf, siehe 7.1.3. Aus diesen Gründen wenden einige Fachleute sowohl bei der Dimensionierung der Takelage als auch des Masts größere Sicherheitsfaktoren als in diesem Dokument an, jedoch wird diese zusätzliche Spanne hier nicht berücksichtigt.

ANMERKUNG Literaturhinweis [5] hat in mehreren Punkten eine ähnliche Herangehensweise wie dieses Dokument, jedoch hauptsächlich bei Einrumpf-Segelfahrzeugen, die größer sind als im Anwendungsbereich dieses Dokumentes ($L_H > 24\text{ m}$) und mit Sicherheitsfaktoren in Übereinstimmung mit Schiffsklassifikationen, d. h. in der Regel größer als die in diesem Dokument verwendeten.

7.1.2 Segelkonfigurationen:

Unterabschnitt 7.2.7 legt die zu überprüfenden Segelkonfigurationen und die entsprechenden Entwurfskräfte und -momente (Aufrichten oder Krängung) fest, sowie für Wasserfahrzeuge, bei denen das Krängungsmoment bestimmend ist (Fall b), die scheinbare Windgeschwindigkeit V_{ACEK1} (Knoten) oder V_{ACEM1} (m/s) in der Segelkonfiguration S_{C1} am Segeldruckpunkt (CE, en: center of effort). Der Konstrukteur/Hersteller muss die hauptsächlichsten bewerteten und anzuwendenden Segelkonfigurationen entsprechend der Windgeschwindigkeit und -richtung (luv, lee usw.) angeben. Der Konstrukteur/Hersteller muss diese entweder anhand von Erfahrungen/Prüfungen wählen oder die vorgeschlagenen Standardwerte aus Tabelle 7 verwenden. Die in dieser Tabelle angegebenen Werte der scheinbaren Windgeschwindigkeit werden jedoch als nahe den Mindestwerten für Mehrumpfboote im Fall b) betrachtet, welche globalen Lasten der Takelage bei Segel-Mehrumpfbooten entsprechen.

Der Konstrukteur/Hersteller muss im Eignerhandbuch (Abschnitt 13) Folgendes einbeziehen:

- eine Tabelle empfohlener Segelkonfigurationen und des Segeltrimms entsprechend der scheinbaren Windgeschwindigkeit, des Kurses, des Seegangs usw.;
- bei Einrumpfbooten darf dies ein vereinfachtes Dokument sein;
- bei Mehrumpfbooten oder stabilen Wasserfahrzeugen darf diese Tabelle ein ähnliches Format wie die in ISO 12217-2:2015 geforderte Tabelle haben, siehe ANMERKUNG 1, mit Maßnahmen zur Verhinderung des Kenterns in Windböen hauptsächlich im Zustand m_{M0} . Dieses Dokument, das der Beanspruchbarkeit gewidmet ist, betrachtet lediglich die größten Lasten, d. h. im Zustand m_{LDC} , jedoch muss das Eignerhandbuch zur Verhinderung des Kenterns auch und vornehmlich den Mindestbetriebszustand m_{M0} berücksichtigen, da dies der Zustand ist, der anfälliger für Kentern ist. In diesem Fall müssen die Gleichungen für das Krängungsmoment M_{H1} und die entsprechende scheinbare Windgeschwindigkeit V_{A1} am Segeldruckpunkt (CE) auf den Zustand m_{M0} herabgesetzt werden.

ANMERKUNG 1 Dieses Dokument behandelt alle Segelkonfigurationen gegen den Wind und mit dem Wind, wie in Tabelle 7 erläutert, und im Zustand m_{LDC} . Für Mehrumpfboote besteht das Hauptziel von ISO 12217-2:2015 darin, das Kentern im Mindestbetriebszustand zu verhindern; es werden darin ausschließlich Segelkonfigurationen gegen den Wind aufgeführt, und es wird lediglich gefordert, eine „ähnliche Tabelle“ wie die darin enthaltene Tabelle F.1 zu verwenden. Der vorstehende Absatz fordert nicht die Anwendung von ISO 12217-2:2015, Tabelle F.1, sondern der Einfachheit halber können die beiden Tabellen miteinander zu einer einzigen Tabelle kombiniert werden.

ANMERKUNG 2 Da die scheinbare Windgeschwindigkeit mit einem Anemometer gemessen wird, das gewöhnlich an der Mastspitze, jedoch mitunter auch an einer niedrigeren Position an einem Mast angebracht ist, wird in Tabelle 5, ANMERKUNG 4 eine klassische Gleichung für den Windgradienten vorgeschlagen, um die scheinbare Windgeschwindigkeit in einer Höhe zu berechnen, die sich vom Segeldruckpunkt (CE) unterscheidet. Da dieses Verfahren von der Rauigkeit der See, Luftturbulenzen usw. abhängt, bleibt die Entscheidung darüber, welche mit dem Anemometer gemessene scheinbare Windgeschwindigkeit im Eignerhandbuch angegeben wird, dem Hersteller des Wasserfahrzeugs/der Takelage überlassen.

- alle sonstigen Empfehlungen, wenn zutreffend, wie z. B.:
- zu vermeidende Segelkonfigurationen, mit Erläuterungen, z. B.: Großsegel mit 3 Reffreihen + volle Genua, oder Genua allein bei starken Winden;

- nicht gegen schwere See oder steile Wellen unter Motorkraft navigieren, ohne Großsegel und ohne gesetztes Längs-Stagegel, weil dadurch dynamische Bewegungen eingebracht werden können, die möglicherweise für den Mast und die Takelage aufgrund des Stampfens, Aufschlagens usw. gefährlich sein können.

7.1.3 Bereitzustellende Takelagelasten und Angaben zur Einstellung

Der Entwurf eines Masts/einer Takelage ist das Ergebnis einer Entscheidung über die Dimensionierung von dessen/deren Elementen und über deren korrekte Aufstellung. Zu diesem Zweck muss der Anbieter des Masts/der Takelage Folgendes angeben:

- 1) die Entwurfslast jedes bereitgestellten Takelageelements: Mastfuß/-stütze, Wanten, Stagen usw., die Abmessungen von deren Endbeschlagteilen, mit der Angabe, ob dieses Beschlagteil einschließlich seines Bolzens der Entwurfslast oder einer größeren Last entspricht. Diese Angaben sind nach Abschnitt 14 aufzunehmen. Die Festlegung dieser Lasten muss entweder nach diesem Dokument oder einem anderen dokumentierten Verfahren bewertet werden.
- 2) das empfohlene Verfahren zum Aufstellen/Justieren des Masts und von dessen Takelage durch Bereitstellung eines speziellen mit den Spieren und der Takelage mitgelieferten Hinweises für die Personen, die für die Einstellung des Masts/der Takelage zuständig sind. Dieser Hinweis muss entweder nach Abschnitt 14 aufgenommen (Angaben zur Aufstellung des Masts/Justierung der Takelage) oder in einem bestimmten Kapitel des Benutzerhandbuchs aufgeführt werden. Dieser Hinweis muss die Mindest- und Höchstwerte der auf die Takelage aufgetragenen Vorspannung einschließen, um deren ordnungsgemäße Einstellung sicherzustellen.

Die Vorspannlasten müssen angegeben werden hinsichtlich

- auf das stehende Gut aufzubringender Zugkräfte; und/oder
- einer Verkürzung der Wantenspanner in Bezug auf den Zustand 0 (gerade erfolgter Übergang von „Durchhängen der Takelage“ zu „gerade so unter Zugspannung“). Dies ermöglicht eine einfache Voreinstellung durch beliebige Personen, die an der Takelage arbeiten, ohne ein geeignetes Tensiometer. Dies stellt einen Mindestwert der auf das stehende Gut aufzubringenden Vorspannung dar, da die Durchbiegung des Wasserfahrzeugs die Spannung, insbesondere bei Mehrumpfbooten verringert. Für nicht metallische Wanten und Stagen ist gewöhnlich eine wesentlich größere Verringerung der Länge/Anzahl der Umdrehungen der Wantenspanner erforderlich, da der Elastizitätsmodul gewöhnlich kleiner ist.

Es wird empfohlen, dass der Vertreter oder Händler, der das Wasserfahrzeug an dessen Besitzer/Nutzer liefert, am Ende dieser ersten Überprüfung die Längen der Verkürzung nach Abschnitt 14 oder Abschnitt 13 aufnimmt, um die erneute Durchführung der ordnungsgemäßen Einstellung der Takelage nach einer Entmastung (z. B. zur Instandhaltung) durch jede dazu ermächtigte Person zu ermöglichen.

Darüber hinaus muss das empfohlene regelmäßige Routine-Kontrollprogramm zur Inspektion und/oder Justierung der Takelage nach den Festlegungen des Mast-/Takelageherstellers/-anbieters angegeben werden.

ANMERKUNG Die erste Überprüfung der tatsächlichen Zugspannungen, die durch einen Verkürzungswert eingebracht werden, erfolgt bei der Ersteinstellung einer Takelage durch den Masthersteller, insbesondere bei allen Wasserfahrzeugen aus der Produktion und bei allen Wasserfahrzeugen, bei denen die Messung der Zugspannung ohne eine spezielle Vorrichtung schwierig ist.

7.2 Entwurfsmoment M_D : aufrichtendes Moment oder Krängungsmoment

7.2.1 Allgemeines

Zur Vereinfachung werden die Berechnungen und Gleichungen für eine Einmast-Konfiguration angegeben, der gleiche Grundsatz zur Beurteilung der Lasten auf Segeln und Takelage darf aber auch bei Mehrmastanordnungen verwendet werden.

Bei einer Einmastanordnung ist das Entwurfsmoment M_D das jeweils kleinere Moment aus dem aufrichtenden Entwurfsmoment M_{RUP} (Fall a) und dem Krängungs-Entwurfsmoment M_{HUP} (Fall b). Dieses Krängungs-Entwurfsmoment oder dieses aufrichtende Entwurfsmoment ist das Moment, das sich durch die beiden gleichen und parallelen Kräfte, die aerodynamische Kraft F_{Ai} und die hydrodynamische Kraft $F_{Hi} = F_{Ai}$, multipliziert mit deren Abstand $h_{CETi} + h_{CLR}$ ergibt, siehe Bild 1 bis Bild 3.

ANMERKUNG Diese Fälle wurden so angeordnet, weil Fall a) hauptsächlich bei Einrumpf-Segelfahrzeugen vorkommt, und diese immer noch häufiger sind als Mehrumpf-Segelfahrzeuge, bei denen in der Regel Fall b) vorkommt.

Dieselbe Alternative gilt für den Großmast einer Ketsch- oder Jollentakelung, während es bei einem Besanmast offensichtlich ist, dass dessen Lasten nach dessen jeweiligem Krängungsmoment beurteilt werden müssen, da nicht angemessen verlangt werden kann, dass das gesamte aufrichtende Moment des Wasserfahrzeugs allein vom Besanmast übernommen wird.

Bei Schonertakelung ist der Fall heikler und muss nach den Segeln beurteilt werden, die als zur gleichen Zeit gesetzt betrachtet werden, und das Gleiche gilt, wenn es mehr als zwei Masten sind. Unterabschnitt 7.2.7.1 legt die anzuwendenden Segelkonfigurationen fest (wie vom Hersteller/Konstrukteur angegeben oder wie in Tabelle 7 vorgeschlagen), und diese Einstellungen sind in das Eignerhandbuch nach Abschnitt 13 aufzunehmen.

Flügelmasten besitzen eine Fläche, die in diesem Dokument als nicht reffbares Segel betrachtet wird, siehe 7.4.

7.2.2 Kurzbeschreibung des Entwurfs

Das in Tabelle 5 festgelegte Entwurfsmoment M_D entspricht dem „Entwurfsmoment“, wenn das Wasserfahrzeug gegen den Wind unter „normalen“ Bedingungen segelt. Es ist das geringere der nachfolgenden Fälle a) und b):

- **Fall a), das aufrichtende Moment, wenn Segeln gegen den Wind vorherrscht:** $M_D = M_{RUP}$. Dies ist bei den meisten Einrumpf-Segelfahrzeugen und bei „Sport“-Mehrrumpfbooten der Fall, die nach diesem Dokument „den Rumpf anheben“ können: das Wasserfahrzeug beginnt erheblich zu krängen, bevor die volle Windstärke und ein entsprechendes Krängungsmoment ansetzen. Bei „normalen“ Lastfällen (siehe Punkt 4 in Tabelle 3 und Tabelle 7) ist dieses aufrichtende Entwurfsmoment das aufrichtende Moment gegen den Wind M_{RUP} , während es bei „Ausnahme“-Lastfällen oder anderen Segelkonfigurationen das maximale aufrichtende Moment M_{RMAX} sein kann. (Siehe Tabelle 6 und Tabelle 7.)
- **Fall b), das Krängungsmoment, wenn Segeln gegen den Wind vorherrscht,** $M_D = M_{HUP}$, d. h. das Krängungsmoment beim Segeln gegen den Wind, das durch die resultierende Kraft auf dem Segelplan infolge des Winds erzeugt wird. Es gilt für Wasserfahrzeuge, bei denen $M_{RUP} > M_{HUP}$ ist: das aufrichtende Moment gegen den Wind ist größer als das Krängungsmoment. Dies ist in der Regel der Fall bei Segel-Mehrrumpfbooten und bei einigen „formstabilen“ Einrumpfbooten und/oder bei Einrumpfbooten mit erheblich zu wenig gesetzten Segeln. Dies ist in der Regel auch der Fall bei Besanmasten auf Ketschen oder Jollen, die nicht dafür ausgelegt sind, die ganze Kraft des Wasserfahrzeugs zu unterstützen, sondern nur ihren Teil entsprechend der Segelfläche des Wasserfahrzeugs. Bei „normalen“ Lastfällen (siehe Punkt 4 in Tabelle 3 und Tabelle 7) ist dieses Entwurfsmoment das Krängungsmoment M_{HUP} gegen den Wind, während es bei „Ausnahme“-Lastfällen

oder anderen Segelkonfigurationen M_{HDOWN} , M_{BROACH} oder M_{RMAX} sein kann. (Siehe Tabelle 6 und Tabelle 7.)

Sofern Erfahrungen nicht klar gezeigt haben, ob das aufrichtende Moment M_{RUP} oder das Krängungsmoment M_{HUP} das geringere von beiden ist, müssen beide berechnet werden, um dies zu ermitteln. Dies gilt insbesondere bei Mehrumpffahrzeugen mit angemessener Anzahl gesetzter Segel, die „einen Rumpf anheben“ oder bei „formstabilen“ Einumpffahrzeugen/Einumpffahrzeugen mit zu wenig gesetzten Segeln.

Tabelle 5 — Gleichungen für die Bestimmung des Entwurfsmoments M_D gegen den Wind und von Kräften

<p>$M_D = \min (M_{\text{RUP}}; M_{\text{HUP}})$ Entwurfsmoment und Segelkräfte</p> <p>Die Berechnungen dieser Tabelle müssen mindestens in der Segelkonfiguration S_{C1} oder in der Segelkonfiguration S_{Ci} von Tabelle 7 erfolgen, die das höchste Moment einbringt</p>
<p>1 – Fall a: $M_{\text{RUP}} = M_{R\phi UP} + M_{\text{RCREW}} < M_{\text{HUP}}$</p> <p>Aufrichtendes Moment gegen den Wind ist bestimmend – Gewöhnlich Einumpffboote, siehe Bild 3</p> <p>M_{RUP} ist das aufrichtende Moment bei Krängungswinkel ϕ_{UP} im Zustand m_{LDC} einschließlich der größten Wirkung einer unsymmetrischen Ballastierung (Wasserballast, Schwenkkiel, Folien usw.), mit der Höchstzahl der Besatzungsmitglieder auf Höhe der Deckebene und auf der Mittellinie des Wasserfahrzeugs positioniert, in (Nm). Bei Einumpffbooten wird der Krängungswinkel ϕ_{UP} als 30° angenommen, und das aufrichtende Moment bei 30°Krängung ist</p> <p>$M_{\text{RUP}} = M_{\text{R30}} = 9,81 \times G_{Z30} \times m_{\text{LDC}} + M_{\text{RCREW}}$ (Nm), siehe Bild 3 e), dabei ist</p> <ul style="list-style-type: none"> – G_{Z30} (m) der aufrichtende Hebelarm bei 30° Krängung; und – $M_{\text{RCREW}} = 75 \times 9,81 \times n_{\text{PH}} \times \cos \phi_{UP} \times 0,5 B_H$ das zusätzliche aufrichtende Moment von der ausreitenden Besatzung, dabei ist – n_{PH} = Anzahl ausreitender Personen mit 75 kg/Person in der Entwurfskategorie. Bei Fehlen eines vom Hersteller angegebenen spezifischen Wertes muss n_{PH} als 60 % der gesamten in der höheren Entwurfskategorie angegebenen Besatzungsgrenze C_L angenommen werden. Andere Personen innerhalb der Besatzungsgrenze bleiben auf der Mittellinie und auf Deckebene. <p>Bei Mehrrumpffbooten, siehe Bild 3 f) und g), ist der Krängungswinkel $\phi_{UP} = \phi_{\text{LIM}}$, der Winkel, bei dem der Kanukörper des luvseitigen Rumpfes bei Katamaranen oder des mittleren Rumpfes bei Trimaranen gerade so vom gekrängten Schwimmkörper „abhebt“, und das aufrichtende Moment ist</p> <p>$M_{\text{RUP}} = M_{R\phi \text{ LIM}} = 9,81 \times G_{Z\phi \text{ LIM}} \times m_{\text{LDC}} + M_{\text{RCREW}}$ (Nm), dabei ist</p> <ul style="list-style-type: none"> – $G_{Z\phi \text{ LIM}} = (0,5 B_{\text{CB}} \cos \phi_{\text{LIM}} - V_{\text{CG}} \sin \phi_{\text{LIM}})$, wobei – ϕ_{LIM} approximiert werden darf durch $\phi_{\text{LIM}} = \text{atan} (k_{\phi} \times T_c / B_{\text{CB}})$ mit $k_{\phi} = 1,7$ für Katamarane und $k_{\phi} = 4$ für Trimarane; und – V_{CG} ist die Höhe des Massenschwerpunkts über dem Boden des Bootsrumpfes T_c, welche konservativ als die Höhe des Deckssprungs auf mittlerer Länge von L_{WL} angenommen werden darf, sofern nicht durch eine Lastskizze bekannt; und – M_{RCREW} entspricht der Festlegung für Mehrrumpffboote. <p>ANMERKUNG 1 $M_{R\phi \text{ LIM}}$ ist gleich M_{RMAX}, wenn der luvseitige Rumpf oder mittlere Rumpf keinen Auftriebskörper hat, und wenn das Gegenteil der Fall ist, sind beide annähernd gleich.</p>

Luvseitiger Entwurfs-Krängungswinkel ϕ_{UP}, aufrichtendes Moment, Windgeschwindigkeit und aerodynamische Kräfte im Fall a)		
Sofern nicht eigens dokumentiert und ohne Anwendung einer unsymmetrischen Ballastierung sind die Standardwerte		
Art des Wasserfahrzeugs	Einrumpfboot	Mehrrumpfboot
ϕ_{UP} (Grad)	30°	$\phi_{UP} = \phi_{LIM} = \arctan(k_{\phi} \times Tc/B_{CB})$ mit $k_{\phi} = 1,7$ für Katamarane und 4 für Trimarane
M_{RUP} (Nm)	$M_{R\phi UP} = M_{R 30}$ abgeleitet von der Stabilitätskurve + M_{RCREW}	$M_{R\phi UP} = 9,81m_{LDC} \times (0,5 B_{CB} \cos \phi_{LIM} - V_{CG} \sin \phi_{LIM}) + M_{RCREW}$
V_{ACEK} scheinbare Windgeschwindigkeit (Knoten) bei h_{CET1W} (Siehe ANMERKUNG 2) V_{ACEM} scheinbare Windgeschwindigkeit (m/s) bei h_{CET1W} (Siehe ANMERKUNG 2)	$V_{ACEK1} = \sqrt{\frac{M_{RUP}}{0,158A_{T1}(h_{CET1W} + h_{CLR})}}$ Windgeschwindigkeit in Knoten bei 30° Krängung $V_{ACEM1} = \sqrt{\frac{M_{RUP}}{0,597A_{T1}(h_{CET1W} + h_{CLR})}}$ Windgeschwindigkeit in m/s bei 30° Krängung	$V_{ACEK1} = \sqrt{\frac{M_{R\phi UP}}{0,190A_{T1}(h_{CET1W} + h_{CLR})}}$ Windgeschwindigkeit in Knoten bei ϕ_{UP1} $V_{ACEM1} = \sqrt{\frac{M_{R\phi UP}}{0,720A_{T1}(h_{CET1W} + h_{CLR})}}$ Windgeschwindigkeit in m/s bei ϕ_{UP1}
aerodynamische Kraft (N) für gesamten Segelplan senkrecht zum Segelplan bei Segeldruckpunkt (CE)	$F_{A30T1} = 0,158 \times A_T \times V_{ACEK1}^2$ mit V (Knoten) $F_{A30T1} = 0,597 \times A_T \times V_{ACEM1}^2$ mit V (m/s)	$F_{AT1} = 0,190 \times A_T \times V_{ACEK1}^2$ mit V (Knoten) $F_{AT1} = 0,720 \times A_T \times V_{ACEM1}^2$ mit V (m/s)
2 – Fall b $M_{RUP} > M_{HUP} = \max(M_{Hi})$ mit $i = 1$ bis 5, siehe Tabelle 7 Das Krängungsmoment gegen den Wind ist bestimmend — Gewöhnlich Mehrrumpfboote, siehe Bild 3 Dies gilt für Wasserfahrzeuge, die nicht wesentlich krängen, d. h. $\phi_{UP1} \leq 20^\circ$		
Die Eingabe ist die scheinbare Windgeschwindigkeit in Höhe h_{CETW1} , V_{ACEM1} (m/s), oder V_{ACEK1} (Knoten), die in Abschnitt 13 festgelegt sind, und die entsprechenden Höhen des Mittelpunkts der Segelfläche h_{CET1W} und des Mittelpunkts des hydrodynamischen Widerstands h_{CLR} , die in Tabelle 8 und Bild 1 und Bild 2 festgelegt sind. Die zu jedem Segel senkrechten Kräfte können entsprechend der Fläche des Segels abgeleitet werden. Die entsprechenden Takelagelasten können dann aus Abschnitt 8 abgeleitet werden.		
$A_{Ti} = A_{Mi} + A_{Fi} + A_{WM}$	m ²	Gesamtsegelfläche (Großsegel + Focksegel + Flügelmast) in Segelkonfiguration S_{C1} , siehe Tabelle 7
$F_{AT1b} = 0,720 \times A_{T1} \times V_{ACEM1}^2$ $F_{AT1b} = 0,190 \times A_{T1} \times V_{ACEK1}^2$	N	gleiche aerodynamische Kräfte bei C_E der Segel und hydrodynamische Kraft bei C_{LR} mit Windgeschwindigkeit V_{ACEM1} in (m/s) oder V_{ACEK1} in (Knoten)
$M_{HUP1} = F_{AT1b} \times (h_{CET1W} + h_{CLR}) + M_{RCREW}$	Nm	Krängungsmoment
$\phi_H = \phi_{LIM} \times M_{H1}/M_{RUP1}$	Grad	Krängungswinkel

Dabei gilt:	
3 – Abmessungen in beiden Fällen a) und b) für andere Segelkonfigurationen als S_{C1} wird 1 durch i ersetzt.	
A_{M1}, A_{F1}, A_{WM} , und A_{M1} (m ²)	sind jeweils die Fläche des vollen Großsegels, des vollen Focksegels windwärts bzw. des Flügelmasts sowie die Gesamtsegelfläche in Segelkonfiguration S_{C1} ;
V_{MSA1} (m/s) oder V_{KNA1} (Knoten)	ist die scheinbare Windgeschwindigkeit für S_{C1} , die nachstehend und in 7.1.2 und/oder Tabelle 7 für Segelkonfiguration S_{C1} , festgelegt wird, siehe Bild 3;
h_{CETW1} (m)	ist die Höhe des Angriffspunktes der gesamten Segelkraft über W_L , berechnet in Höhe der Flächenmitte aller Segel in der Segelkonfiguration S_{C1} , zuzüglich Flügelmast, sofern zutreffend (siehe Bild 1 oder Bild 2);
h_{CLR} (m)	ist der Mittelpunkt der seitlichen Widerstandskraft unter Wasser unterhalb von W_L , angenommen bei mittlerem Tiefgang, sofern nicht anders dokumentiert.
<p>ANMERKUNG 2 Für Index $i = 2$ bis 5 berücksichtigt Tabelle 7 das gleiche Krängungsmoment wie in der Segelkonfiguration S_{C1}: $M_{Hi} = M_{Hd} = M_{H1}$, was für S_{C2} bis S_{C5} eine größere Kraft F_{Ti} bedeutet, (aber einen niedrigeren Druckpunkt), eine größere Windgeschwindigkeit und eine größere Last auf den Segeln sowie den tiefliegenden Takelageelementen.</p> <p>ANMERKUNG 3 Bei einem aufgerichteten Wasserfahrzeug ist die Windkraft $F_A = C_N \times 1/2 \times \rho \times A \times V_{MS}^2$ (N), wobei $C_N = 1,2$ der Seitenkraftkoeffizient (nahe dem Auftriebsbeiwert) ist, $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ist die Dichte von Luft bei 20 °C, A ist die Segelfläche in (m²), und V_{MS} ist die Windgeschwindigkeit in (m/s), folglich ist $F_A = 0,720 \times A \times V_{MS}^2$ (N), und falls die Windgeschwindigkeit in Knoten angegeben wird, ist der Koeffizient $0,720 \times (1\,852/3\,600)^2 = 0,190$ und $F_A = 0,190 \times A \times V_{KN}^2$ (N). Die Seite für den Koeffizient wird konservativ bei 1,2 für alle Segel angenommen: Focksegel, Großsegel und Spinnaker, wohingegen Literaturhinweis [5] niedrigere und andere Werte für jede Art von Segeln verwendet.</p> <p>Bei einem Wasserfahrzeug, das unter ϕ Grad gekrängt ist, ist die horizontale Kraft $F_A = 0,720 \times (\cos \phi)^{1,3} \times A \times V_{MS}^2$ (N), und für $\phi = 30^\circ$ ist $F_{A30^\circ} = 0,597 \times A \times V_{MS}^2$ (N) bei einer Windgeschwindigkeit in (m/s) und $F_{A30^\circ} = 0,158 \times A \times V_{KN}^2$ (N) bei einer Windgeschwindigkeit in (Knoten). Der Krängungskoeffizient $(\cos 30^\circ)^{1,3}$ mit einer Potenz von 1,3, berücksichtigt experimentelle Aspekte (Geschwindigkeitsgefälle, effektive Winkeltheorie usw., siehe Literaturhinweis [17] und wird in ISO 12217-2:2015 verwendet.)</p> <p>ANMERKUNG 4 Das Windkrängungsmoment $M_H \phi_{UP1} = 0,720 \times (\cos \phi_{UP1})^{1,3} \times A_{T1} \times V_{MS}^2 \times (h_{CETW1} + h_{CLR})$ wird mit $(\cos \phi_{UP1})^{1,3}$ multipliziert, was einer Senkung des Auftriebs mit Krängung entspricht. Zur Vereinfachung und um konservativ zu sein, wird der Cosinus bei Mehrtrumfbooten für Kraft und Krängungsmoment vernachlässigt, da $(\cos \phi_{UP1})^{1,3}$ für $\phi_{UP1} = 20^\circ$ 0,92 ist und für $\phi_{UP1} = 10^\circ$ gleich 0,98.</p> <p>ANMERKUNG 5 Die im Allgemeinen für das Windgeschwindigkeitsgefälle vereinbarte Gleichung ist $V_{R2}/V_{R1} = \ln(h_2/Z_0)/\ln(h_1/Z_0)$, wobei V_{R2} und V_{R1} die tatsächlichen Windgeschwindigkeiten in Höhe h_2 und Höhe h_1 sind, und wobei z_0 die Rauigkeit des Bodens (angenommen als 0,000 2 für Meeresboden) ist, und $\ln$ der „natürliche“ Logarithmus. Diese Gleichung kann dafür verwendet werden, die Schwankung der wahren Windgeschwindigkeit zwischen dem Segeldruckpunkt (CE) und der Anemometerposition abzuleiten, oder mit einem geringen Fehler, die Schwankung der scheinbaren Windgeschwindigkeit.</p>	
ACHTUNG — Die Windgeschwindigkeit V_{A1} ist die scheinbare Entwurfswindgeschwindigkeit, d. h. die tatsächliche Windgeschwindigkeit, wenn der Segelplan beginnt, sich zu verkleinern. Diese Windgeschwindigkeit ist diejenige, die am Segeldruckpunkt wirkt, und ist geringer als die mit einem Anemometer an der Mastspitze gemessene Geschwindigkeit (siehe ANMERKUNG 5). Windböen können diese Windgeschwindigkeit um 1,4 vervielfachen und deshalb die Windkraft verdoppeln.	

7.2.3 Themen bezüglich Mehrrumpfbooten/formstabiler Segelfahrzeuge, die Fall b) entsprechen, d. h. mit $M_{H1} < M_{RUP1}$

Im Fall b) ist das Krängungsmoment geringer als das aufrichtende Moment, mitunter bis zu $M_{H1} < 0,5 M_{RUP1}$, insbesondere für große Yachten. Dies bedeutet, dass der Mast und die Takelage in starken Windböen beschädigt werden oder brechen können, wenn zu viele Segel gesetzt sind. Vorrichtungen zur Begrenzung des Krängungsmoments, z. B. eine „Sicherung“ oder Vorrichtungen zur Begrenzung von Lasten in der Schot des Großsegels, eine Überlastwarneinrichtung bei Schoten/Wanten, elektrische Winschen oder Hydraulikzylinder werden zu diesem Zweck empfohlen.

Wenn der wahre und der scheinbare Wind zunehmen, wird das Setzen der Segel (Segelverkleinerung durch Reffen/Rollen, Einfall des scheinbaren Windes in die Segel, Zugkraft an den Schoten) angepasst und/oder gerefft/verringert. In diesem Dokument wird die Auffassung vertreten, dass die Segelfläche/das Setzen der Segel und der Trimm der Schot für jede Segelverkleinerung angepasst werden, um M_{HD1} zu erreichen, das Krängungsmoment, bei dem die Segelfläche zuerst gegen den Wind verkleinert wird (S_{C1} in Tabelle 7). Einige Konstrukteure ziehen in Erwägung, dass sich das Entwurfs-Krängungsmoment vergrößert, wenn die Segelfläche verringert wird, und wenden möglicherweise ihre eigenen Werte an. Für Abmessungen, Flächen usw. muss Tabelle 8 verwendet werden, sofern keine spezifischen Werte vorhanden und dokumentiert sind.

ACHTUNG — Wenn andere als die in Tabelle 7 angegebenen Werte verwendet werden, liegt es in der Verantwortung des Bootsbauers/Konstrukteurs, die scheinbare Windgeschwindigkeit für diese Grenzen festzulegen, ob sie zu einem Krängungsmoment führen, das größer oder kleiner als der vorgeschlagene Vorgabewert ist (siehe 7.1.2) je nachdem, wie das Wasserfahrzeug für die Nutzung ausgelegt ist, und im Eignerhandbuch Angaben über die zu setzenden Segel zu machen und wie sie getrimmt werden sollten, siehe Abschnitt 13.

ANMERKUNG Um die Berechnungen zu vereinfachen, berücksichtigen die Gleichungen dieses Dokuments nicht den Windwiderstand des Rumpfes, der Takelage und von Aufbauten, im Gegensatz zu dem Verfahren, das in ISO 12217-2:2015, Anhang G vorgeschlagen wird. Diese Norm über Stabilität fordert, dass im Eignerhandbuch Angaben bezüglich der maximalen scheinbaren Windgeschwindigkeit entweder in Übereinstimmung mit Prüfungen oder mit Berechnungen gemacht werden, beides jeweils im Mindestbetriebszustand m_{M0} und freiwillig im maximalen Beladungszustand m_{LDC} . Die im vorliegenden Dokument verwendeten scheinbaren Windgeschwindigkeiten haben denselben Zweck wie die in ISO 12217-2:2015 angegebenen, sind aber hauptsächlich mit Problemen der Festigkeit des Masts/der Takelage im Zustand m_{LDC} verbunden, weshalb sich die Ergebnisse unterscheiden können.

7.2.4 Längskraft nach Lee F_{ADOWN} und Trimmmoment des Bugs M_{HDOWN} , Betrieb nur mit Spinnaker — „Normalfall“ (S_{c6}) oder „Ausnahmefall“ (S_{c8})

Die Längskraft F_{ADOWN} und das entsprechende Trimmmoment des Bugs M_{HDOWN} , ausgeübt vor dem Wind nur unter Spinnaker an der Mastspitze oder den Mastbeschlügen werden in Tabelle 6 festgelegt, wobei der ungünstigste Fall festgehalten wird. Die scheinbare Windgeschwindigkeit V_{A6} ist in Tabelle 7 festgelegt. Diese Kraft braucht nicht größer als die Kraft zu sein, die einem Trimmwinkel des Bugs von 10° entspricht.

7.2.5 Maximales aufrichtendes Moment M_{RMAX} , Ausnahmefall, durch Fahren unter Spinnaker

M_{RMAX} , das für Mehrrumpfboote durch $M_{R\phi LIM}$ approximiert werden darf, ist das maximale aufrichtende Moment im Zustand m_{LDC} , das aus der Stabilitätskurve berechnet oder gemessen wird. Dies ist ein Ausnahmefall, da er nur bei einigen schwerwiegenden Böen beim Segeln gegen den Wind oder bei seitlichem Querschlagen unter Spinnaker auftritt. Dynamische und Dauerbeanspruchung gelten in diesem Lastfall als nicht relevant.

7.2.6 Krängungskraft F_{ABROACH} und Krängungsmoment M_{HBROACH} während des Querschlagens unter Spinnaker, Ausnahmefall

F_{ABROACH} und M_{HBROACH} , festgelegt in Tabelle 6, sind jeweils die Querkraft bzw. das entsprechende Krängungsmoment, die/das durch die Takelage in S_{C9} hervorgerufen wird, um den eher seltenen Fall zu berücksichtigen, bei dem das Wasserfahrzeug querschlägt unter Spinnaker, d. h. das Wasserfahrzeug gerät aus dem Gleichgewicht und bekommt schwere Schlagseite. Bezüglich des Moments nach Luv muss es mit M_{RMAX} verglichen werden, wobei der kleinere Wert beibehalten wird.

Tabelle 6 — Gleichungen für Entwurfsmomente und -kräfte vor dem Wind

1 – Längskraft nach Lee und Trimmmoment (siehe Tabelle 7)
<p>$F_{\text{ADOWN}} = 0,720 \times A_6 \times V_{\text{MSA6}}^2$ (N) = $0,190 \times A_6 \times V_{\text{KNA6}}^2$ (N) ist die Längskraft, ausgeübt unter Spinnaker, in der Segelkonfiguration S_{C6} mit der entsprechenden scheinbaren Windgeschwindigkeit, angegeben in (m/s) beziehungsweise (Knoten); und</p> <p>$M_{\text{HDOWN}} = F_{\text{ADOWN}} \times h_{\text{CET6W}}$ (Nm) ist das Entwurfs-Krängungsmoment für „Normalfall“-Segelkonfiguration S_{C6}. A_6 und h_{CET6W} sind die Segelfläche bzw. die Höhe des Segeldruckpunkts über W_L in Segelkonfiguration S_{C6}, siehe Tabelle 7 und Bild 1 und Bild 2.</p>
2 – Krängungskraft und -moment beim Querschlagen unter Spinnaker (siehe Tabelle 7)
<p>$F_{\text{ABROACH}} = 0,720 \times A_9 \times V_{\text{MSA9}}^2$ (N) = $0,190 \times A_9 \times V_{\text{KNA9}}^2$ (N) Querkraft, ausgeübt beim Querschlagen unter Spinnaker in Segelkonfiguration S_{C9} mit der entsprechenden scheinbaren Windgeschwindigkeit, angegeben in (m/s) oder (Knoten); und</p> <p>$M_{\text{HBROACH}} = F_{\text{ABROACH}} \times (h_{\text{CET9W}} + h_{\text{CLR}})$ (Nm) ist das Krängungsmoment für „Ausnahmefall“-Segelkonfiguration S_{C9}.</p>
<p>ANMERKUNG Bei M_{MDOWN} wird der Hebelarm der Segelkraft über W_L und nicht C_{LR} betrachtet, da davon ausgegangen wird, dass die Anhänge keine bedeutende Rolle in diesem Lastfall spielen.</p>

7.2.7 Zu analysierende Mindestsegelkonfiguration und aufrichtendes Moment/Krängungsmoment

7.2.7.1 Allgemeines

Die wesentlichen maßgeblichen Segelkonfigurationen mit entsprechenden Entwurfs-Krängungsmomenten/aufrichtenden Entwurfsmomenten und der entsprechenden Windgeschwindigkeit müssen analysiert werden. Siehe 7.1.2 für mehr Informationen.

7.2.7.2 Vorgeschlagene Standardwerte

Tabelle 7 schlägt Standardwerte für zu analysierende Segelkonfigurationen und die entsprechende Windgeschwindigkeit vor. Diese Tabelle gilt für Wasserfahrzeuge, wenn M_{HUP} oder M_{RUP} bestimmend ist. Bei Normal-/Ausnahmefall-Segelkonfiguration muss der Faktor k_{LC} dem relevanten Wert von Tabelle 3 entsprechen.

Tabelle 7 — Segelkonfigurationen und entsprechendes Entwurfskrängungsmoment im Zustand m_{LDC}

S_C	Segelkonfiguration	Entwurfs- Krängungs- moment/auf- richtendes Entwurfsmoment (Nm)	Standardwert der scheinbaren Windgeschwindigkeit am Segeldruckpunkt (CE), V_{ACEKi} oder V_{ACEMi}^c (Knoten) oder (m/s)
1 – Segelkonfiguration für „Normal“-Werte von k_{LC} aus Tabelle 3, je nach Lastfall			
1	volles Großsegel + volles Focksegel (Genua oder Solent, wie jeweils zutreffend)	Fall a $M_{D1} = M_{RUP1}$	ANMERKUNG Im Fall a ist die scheinbare Windgeschwindigkeit informativ, da M_{RUP1} bestimmend ist $V_{ACEK1} = \sqrt{\frac{M_{RUP1}}{0,158 A_{T1}(h_{CET1W} + h_{CLR})}}$ (Knoten) $V_{ACEM1a} = 0,514 V_{ACEK1a}$ (m/s)
		Fall b $M_{D1} = M_{HUP1}$	$V_{ACEK1b} = 22 + 1,9 L_{WL}^{0,5}$ (Knoten) $V_{ACEM1b} = 0,514 V_{ACEK1b}$ (m/s)
2	volles Großsegel + Solent Fock d. h. 100 % vorderes Dreieck	Fall a $M_{Di} \geq M_{RUP1}$ Fall b $M_{Di} \geq M_{HUP1}$	V_{Aia} berechnet, um mindestens M_{RUP1} hervorzurufen V_{Aib} berechnet, um mindestens M_{HUP1} hervorzurufen
3	Großsegel 1 Reff (Standardwert 83 % P) + Solent Fock oder 100 % vorderes Dreieck, wobei der niedrigere Wert gilt		
4	Großsegel vollständig gerefft bis 50 % P^a + Focksegel verkleinert auf 25 % des vorderen Dreiecks ^b		
5	Großsegel vollständig gerefft bis 50 % P^a allein		
6	allgemeine Fahrt mit Spinnaker an Mastspitze oder Mastbeschlagen sofern zutreffend, zuzüglich volles Großsegel. Ungünstigster Fall gewählt. Es umfasst auch den Fall, wenn es kein festes Achterstag/Backstag gibt.	M_{HDOWN}	$V_{ACEK6b} = 25 - 1,7 L_{WL}^{0,5}$ (Knoten) $V_{ACEM6b} = 0,514 V_{ACEK6b}$ (m/s)
7	jede sonstige relevante Segelkonfigura- tion, für spezielle Takelageart	je nach Fall	je nach Fall
2 – Segelkonfiguration für „Ausnahme“-Werte von k_{LC} in Tabelle 3 je nach Lastfall			
8	Gleich wie S_{C6} Halsen vor Anziehen des Backstags oder abnehmbaren Achterstags	M_{HDOWN}	$V_{ACEK8b} = 25 - 1,7 L_{WL}^{0,5}$ (Knoten) $V_{ACEM8b} = 0,514 V_{ACEK8b}$ (m/s)
9	Querschlagen unter vollem Großsegel + Spinnaker (Vorschiff oder Mastspitze, sofern zutreffend) bei 90° vom scheinbaren Wind	Min (M_{RMAX} ; $M_{HBROACH}$)	$V_{ACEK9b} = 18 + 1,7 L_{WL}^{0,5}$ (Knoten) $V_{ACEM9b} = 0,514 V_{KNSA9b}$ (m/s)
10	jede sonstige relevante Segelkonfigura- tion, für spezielle Takelageart	je nach Fall	je nach Fall
^a Großsegel verkleinert auf 50 % bedeutet Windseite 0,707 P (und Kurs nahe 0,707 E entsprechend der Segelform). ^b Focksegel verkleinert auf 25 % des vorderen Dreiecks, abhängig von der Art des Reffens (Aufrollen/Abflachen) oder Setzen einer kleineren Fock. ^c Siehe ANMERKUNG 5 in Tabelle 5 für die entsprechende scheinbare Windgeschwindigkeit auf Anemometerhöhe.			
ACHTUNG — Die Windgeschwindigkeit V_{A1} ist die scheinbare Entwurfswindgeschwindigkeit. Die wahre Windgeschwindigkeit, wenn der Segelplan beginnt, kleiner zu werden, ist beim Segeln gegen den Wind kleiner (siehe ACHTUNG am Ende der Tabelle 5).			

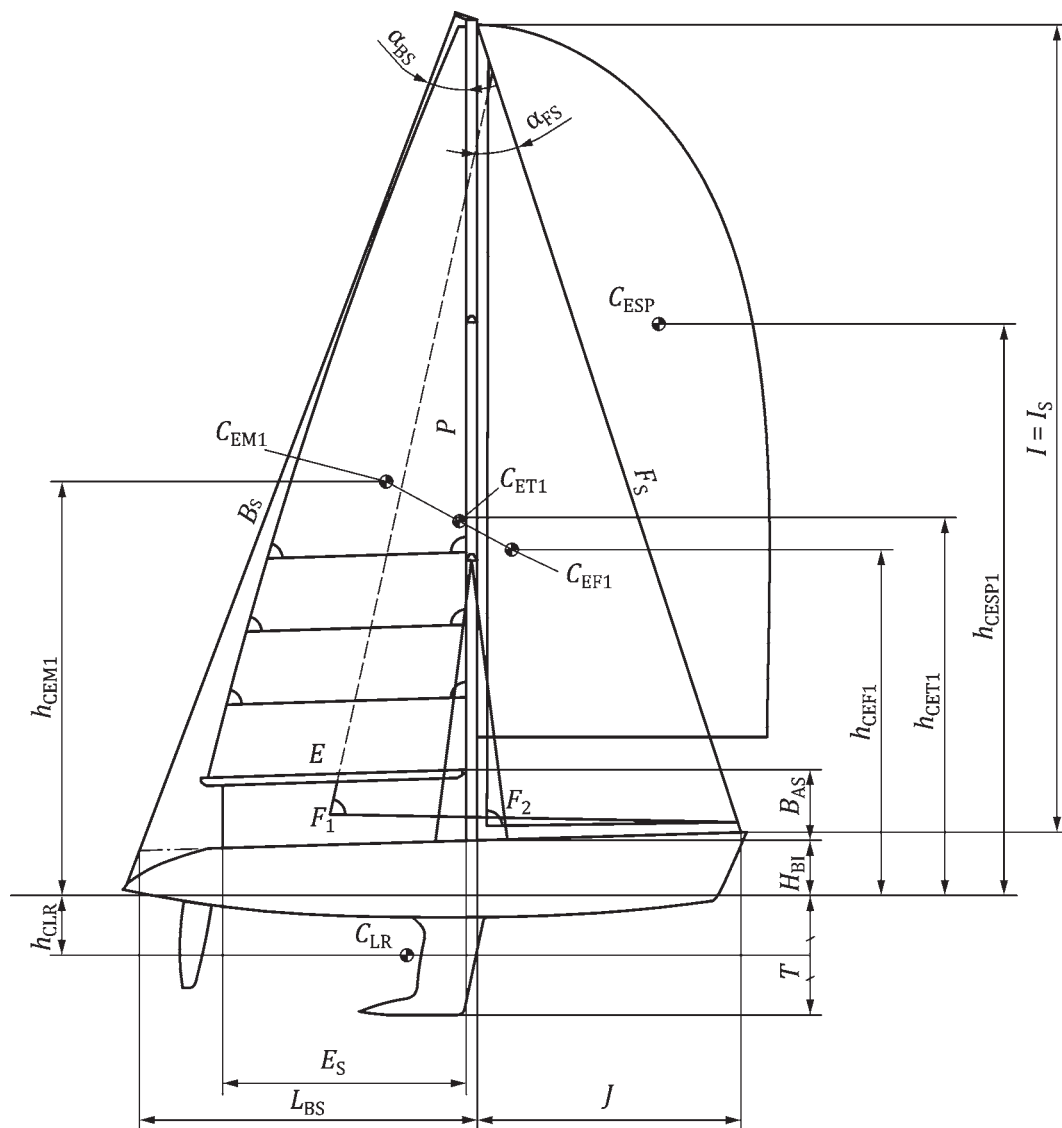
7.3 Takelageabmessungen und Standardwerte für Flächen, Kräfte und Angriffspunkte

Tabelle 8, Bild 1 (Einrumpfboote) und Bild 2 (Mehrrumpfboote) geben die Takelageabmessungen und Vorgabewerte für Flächen, Kräfte und Angriffspunkte der häufigsten Takelungen an. Diese „Standard“-Werte müssen verwendet werden, sofern keine spezifischen dokumentierten Werte vorliegen. Für andere Takelagekonfigurationen muss dieselbe Logik zur Berechnung von Flächen und deren Flächenschwerpunkt angewendet werden.

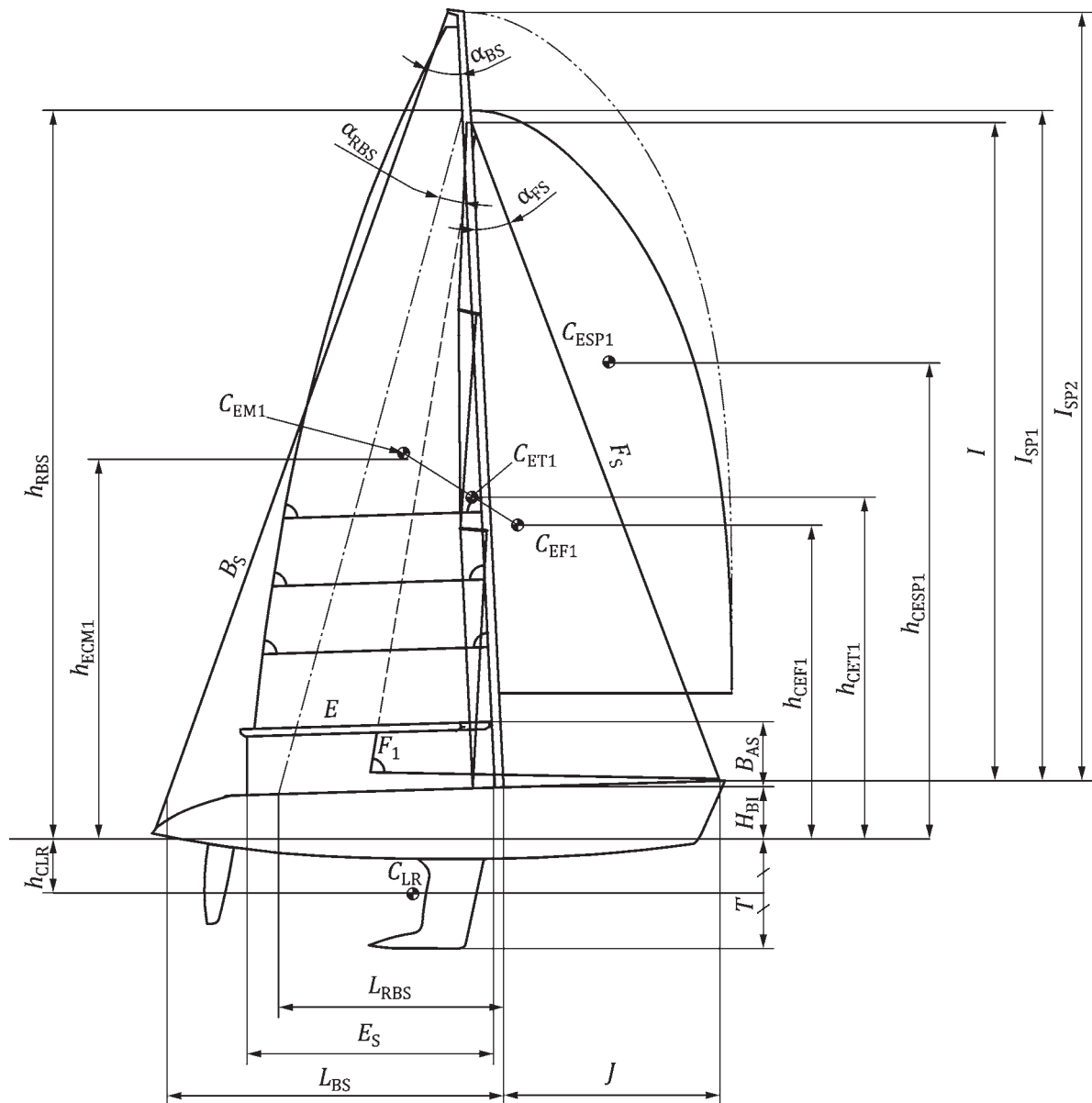
Tabelle 8 — Takelageabmessungen und Standardwerte für Flächen und Angriffspunkte

Bezeichnung	Definition ^a	Standardwert
A_{F1}	Fläche des max. Focksegels in Segelkonfiguration S_{C1} . mit L_P zwischen 0,9 für Solent und 1,3 bis 1,5 für Genua	$A_{F1} = 0,85 L_P \times J \times (I^2 + J^2)^{0,5}$
A_{F2}	Fläche der Solent oder 100 % vorderes Dreieck, je nachdem, was kleiner ist	$A_{F2} = 0,5 I \times J$ oder A_{Solent}
A_{Mi}	Fläche des Großsegels in S_{Ci} mit $P_1 = P$ für volles Großsegel	$A_{Mi} = 0,5 P_i \times E_i \times k_{\text{ROACH}}$
A_{SP1}	Fläche des symmetrischen Spinnakers 1 (Mastbesläge)	$A_{SP1} = 1,56 I_{SP1} \times J$
A_{SP2}	Fläche des symmetrischen Spinnakers 2 (Mastspitze)	$A_{SP2} = 1,56 I_{SP2} \times J$
A_{WM}	Fläche des Flügelmastes, dabei ist W_{WM} die mittlere Tiefe des Flügelmastes	$A_{WM} = (P + B_{AS}) \times W_{wm}$
A_{T1}	Gesamtfläche bei Segelkonfiguration S_{Ci}	$A_{Ti} = A_{mi} + A_{Fi} + A_{WM}$
B_{AS}	Höhe des Baums über H_{BI}	B_{AS}
E	Länge des Vorlieks des Großsegels entlang des Baums	E
E_s	horizontaler Abstand des Großschotzugs hinter der Vorderseite von E	E_s
F_{Ai}	Aeodynamische Kraft bei Segelkonfiguration S_{Ci}	$F_A = 0,720 \times A \times V_{MS}^2 \text{ (N)}$ $F_A = 0,190 \times A \times V_{KN}^2 \text{ (N)}$ wobei V_{MS} und V_{KN} die scheinbaren Windgeschwindigkeiten in (m/s) und (Knoten) sind
h_{CEMi}	Höhe des Schwerpunkts der Großsegelfläche über W_L bei Konfiguration S_{Ci}	$h_{CEMi} = P_i \times k_{HM} + H_{BI} + B_{AS}$
h_{CEFi}	Höhe des Schwerpunkts der Focksegelfläche über W_L (siehe Tabelle 7 für k_{HF}) in S_{Ci}	$h_{CEFi} = k_{HF} \times I + H_{BI}$
h_{CETi}	Höhe des Schwerpunkts des gesamten Segelplans über W_L bei Konfiguration S_{Ci}	$h_{CETi} = (A_{Fi} \times h_{CEFi} + A_{Mi} \times h_{CEMi} + A_{WM} \times h_{CEWM}) / A_{Ti}$
h_{CEWM}	Höhe des Schwerpunkts des Flügelmasts über W_L bei Konfiguration S_{Ci}	$h_{CEWM} = k_{HWM} \times (P + B_{AS})$

Bezeichnung	Definition ^a	Standardwert
h_{CLR}	Standardhöhe des Schwerpunkts des seitlichen Widerstands unter W_L , sofern nicht anders dokumentiert	$h_{CLR} = 0,5 T$
H_{BI}	Höhe der Rumpf-/Deck-Verbindung über W_L an der Vorderseite des Mastbereichs bei Zustand m_{LDC}	H_{BI}
I	Höhe über H_{BI} der Mastbesläge (Schnittpunkt zwischen Mast und Vorstag)	I
I_{SP1}	Höhe über H_{BI} vom gehissten Spinnaker an den Mastbeslägen	$I_{SP1} \approx I$
I_{SP2}	Höhe über H_{BI} vom gehissten Spinnaker am fraktionellen Masttopp	$P + B_{AS}$
J	Längsabstand zwischen Mastvorderseite und Schnittpunkt zwischen Hauptvorstag und Deck	J
k_{DSR}	dynamischer Lastfaktor; siehe Tabelle 10 für Definition	$k_{DSR} = \max(3,086 \times L_{WL}^2 / m_{LDC}^{0,66}; 1)$
k_{HWM}	Verhältnis zwischen h des Flächenschwerpunkts der Flügelmasten/Gesamthöhe	$k_{HWM} = [h_{CEWM} / (P + B_{AS})] \approx 0,5$
k_{ROACH}	Verhältnis zwischen projizierter Großsegelfläche und $0,5 \times P \times E$, schwankt zwischen 1 bei dreieckigem Großsegel bis zu 1,5 + bei moderner Gaffeltakelung.	$k_{ROACH} = A_M / (0,5 \times P \times E)$
L_{ASH}	Waagerechte achtern des Endes der Want	L_{ASH}
L_{BS}	Waagerechte achtern des Endes des Achterstags hinter der Vorderkante des Masts auf Ebene H_{BI}	L_{BS}
L_{RBS}	Waagerechte achtern des Endes des Backstags auf Ebene H_{BI} hinter der Vorderkante des Masts	L_{RBS}
L_P	Abstand des Schotpunkts des Focksegels senkrecht zum Vorstag	L_P
P	Höhe der Großsegelspitze über dem Baum (P_1 bei vollem Großsegel)	P
P_i	Höhe der Großsegelspitze über dem Baum bei Segelkonfiguration S_{Ci}	P_i
α_{BS}	Winkel nach achtern des mit dem Mast an der Oberseite von Ebene I verbundenen Achterstags	$\alpha_{BS} = [L_{BS} / (P + B_{AS})]$
α_{RBS}	Winkel nach achtern des mit dem Mast an der Oberseite von Ebene I verbundenen Backstags	$\alpha_{RBS} = [L_{RBS} / (P + B_{AS})]$
α_{FS}	Winkel des Vorstags gegen die Senkrechte	$\alpha_{FS} = [J / (I + H_{BI})]$
^a Index i bedeutet Segelkonfiguration S_{Ci}		



a) Vordere und hintere Unterwanten und Achterstag



b) Fraktionelle Takelung, mit nach achtern gepfeilten Salingen, Achterstagen und Backstagen

Alle Werte sind in Tabelle 8 festgelegt.

Bild 1 — Typische Längstakelungen (Stagen) für Einrumpfboote