

DIN EN ISO 12215-9



ICS 47.020.10; 47.080

Einsprüche bis 2024-10-02
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 12215-9:2019-02

Entwurf

**Kleine Wasserfahrzeuge –
Rumpfbauweise und Dimensionierung –
Teil 9: Anhänge von Segelbooten (ISO/DIS 12215-9:2024);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 12215-9:2024**

Small craft –
Hull construction and scantlings –
Part 9: Sailing craft appendages (ISO/DIS 12215-9:2024);
German and English version prEN ISO 12215-9:2024

Petits navires –
Construction de coques et échantillonnage –
Partie 9: Appendices des bateaux à voiles (ISO/DIS 12215-9:2024);
Version allemande et anglaise prEN ISO 12215-9:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-08-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nsmt@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT), Frankenstr. 18 b, 20097 Hamburg.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 175 Seiten

DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT)

Nationales Vorwort

Das Dokument prEN ISO 12215-9:2024 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 188 „Small craft“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 464 „Kleine Wasserfahrzeuge“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS (Schweden) gehalten wird.

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

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

ISO 898-1	siehe	DIN EN ISO 898-1
ISO 3506-1	siehe	DIN EN ISO 3506-1
ISO 5817	siehe	DIN EN ISO 5817
ISO 8666	siehe	DIN EN ISO 8666
ISO 12215-3	siehe	DIN EN ISO 12215-3
ISO 12215-5:2019	siehe	DIN EN ISO 12215-9:2020-03
ISO 12215-6:2008	siehe	DIN EN ISO 12215-6:2020-05
ISO 12217 (alle Teile)	siehe	DIN EN ISO 12217 (alle Teile)
ISO 12217-2	siehe	DIN EN ISO 12217-2

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 12215-9:2019-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Hinzufügung der Berücksichtigung des Kippkielantriebs und der Kielträgerstruktur in Tabelle 3;
- Einhaltung: Anhang A muss in allen Fällen ausgefüllt werden, der Wortlaut wurde klarer formuliert;
- Hinzufügung eines qualifizierten Stützplattendurchmessers und der Behandlung der Dicke im Falle einer reduzierten Rumpfdicke in Tabelle D.2;
- besonderer Hinweis auf die Nähe von Schrauben zu Schweißnähten in D.4.7;
- Neubewertung von Anhang F „Vereinfachte Dauerfestigkeitsbewertung“, Verdoppelung der Betriebslebensdauer auf 16 Millionen Belastungszyklen und zugehörige MSF-Berechnung;
- redaktionelle Änderungen im gesamten Text zur Verbesserung von Format, Sprache, Konsistenz, Klarheit, Interpretation, Lesbarkeit, Anerkennung der aktuellen Praxis und Übereinstimmung mit diesem Teil der Norm.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde*

DIN EN ISO 3506-1, *Mechanische Verbindungselemente — Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus korrosionsbeständigen nichtrostenden Stählen — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Stahlsorten und Festigkeitsklassen*

DIN EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten*

DIN EN ISO 8666, *Kleine Wasserfahrzeuge — Hauptdaten*

DIN EN ISO 12215-3, *Kleine Wasserfahrzeuge — Rumpfbauweise und Dimensionierung — Teil 3: Werkstoffe: Stahl, Aluminiumlegierungen, Holz, andere Werkstoffe*

DIN EN ISO 12215-9:2020-03, *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 12217 (alle Teile), *Kleine Wasserfahrzeuge — Stabilitäts- und Auftriebsbewertung und Kategorisierung*

DIN EN ISO 12217-2, *Kleine Wasserfahrzeuge — Stabilitäts- und Auftriebsbewertung und Kategorisierung — Teil 2: Segelboote ab 6 m Rumpflänge*

– Leerseite –

August 2024

prEN ISO 12215-9

**Kleine Wasserfahrzeuge – Rumpfbauweise und Dimensionierung – Teil 9: Anhänge
von Segelbooten (ISO/DIS 12215-9:2024)**

Small craft – Hull construction and scantlings – Part 9: Sailing craft appendages (ISO/DIS 12215-9:2024)

Petits navires – Construction de coques et échantillonnage – Partie 9: Appendices des bateaux à voiles
(ISO/DIS 12215-9:2024)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2013/53/EU	7
Vorwort	11
Einleitung	13
1 Anwendungsbereich	14
2 Normative Verweisungen	14
3 Begriffe	14
4 Symbole	15
5 Entwurfsspannungen	16
6 Tragende, zu bewertende Bauteile	18
7 Lastfälle	19
7.1 Allgemeines	19
7.1.1 Status von Lastannahmen	19
7.1.2 Einschränkung von Lastfällen	20
7.2 Lastfall 1 — Festkiel bei 90°-Kenterung	20
7.3 Lastfall 2 — Kippkiel, konstante Last bei 30°-Krängung mit dynamischem Überlastfaktor	21
7.3.1 Allgemeines	21
7.3.2 Besondere Anforderungen an Kippkielkonstruktionen	22
7.4 Lastfall 3 — Kielboot, senkrechtes Aufschlagen	23
7.5 Lastfall 4 — Kielboot, Aufprall in Längsrichtung	23
7.5.1 Wert der Längsaufprallkraft und des Biegemoments	23
7.6 Lastfall 5 — Kielschwert auf Jollen, die nach Kentern wieder aufgerichtet werden können	24
7.7 Lastfall 6 — Kielschwert oder Steckschwert am Wind	25
7.7.1 Kielschwerter ohne Ballast	25
7.7.2 Kielschwerter mit Ballast	25
7.8 Weitere Lastfälle	26
7.8.1 Allgemeines	26
7.8.2 Kombinierte Biegung und Torsion (90°-Kenterung)	26
7.8.3 Kombination von Biegemoment und vertikaler Last (Lastfall 3)	27
7.8.4 Weitere kombinierte Lastfälle	28
8 Rechnerische Verfahren	28
8.1 Allgemeines	28
8.2 Allgemeine Anleitung zur Bewertung durch numerische 3D-Verfahren	28
8.2.1 Numerische 3D-Verfahren	29
8.2.2 Werkstoffeigenschaften	29
8.2.3 Grenzzannahmen	29
8.2.4 Lasteinleitung	29
8.2.5 Modellidealisierung	29
8.3 Bewertung durch Werkstofffestigkeit/nicht-rechnerisch basierende Verfahren	29
9 Konformität	29
Anhang A (normativ) Anwendungserklärung	32
Anhang B (informativ) Information über Metalle für Anhänge und Verbindungselemente sowie praxisbewährte Verfahren für Befestigungen und Schweißungen	34
B.1 Typische Metalleigenschaften	34
B.1.1 Allgemeines	34
B.1.2 Hochfeste legierte Stähle	34
B.2 Mechanische Eigenschaften typischer Schrauben	38
B.2.1 Allgemeines	38
B.2.2 Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl	38
B.2.3 Verbindungselemente aus Stahl	39

B.3	Entwurfsspannungen für typische Metalle für Verbindungselemente	39
B.4	Wahl des Schraubenwerkstoffs	40
B.4.1	Widerstandsfähigkeit von Schraubenwerkstoffen gegen chemische Korrosion	40
B.4.2	Vermeidung von elektrolytischer und galvanischer Korrosion	40
B.5	Verschraubung und Vorspannung	40
B.5.1	Allgemeines	40
B.5.2	Vorspannkraft	41
B.5.3	Empfehlungen auf der Basis bewährter Verfahren zum Einbau von geschraubten Kielen und zum Anzug der Schrauben	44
B.6	Bewährte Verfahren für Schweißungen an aus Metall hergestellten Kielen	44
Anhang C	(informativ) Bewährte Verfahren für die bauliche Ausführung für Ballastkiele	46
C.1	Bodenwrangen und Längsträger	46
C.1.1	Allgemeines	46
C.1.2	Länge der Bodenwrange(n), L_F	46
C.1.3	Einspannungsbedingungen	46
C.2	Analyse der Bodenwrangenfestigkeit — bündig installierte feste Kiele (mit oder ohne Flansch), entweder direkt oder mittels Kielansatz an dem Rumpf montiert	47
C.2.1	Verfahrensgrundlage	47
C.2.2	Ermittlung der Wirksamkeit der Bodenwrangen	48
C.2.3	Ermittlung der Bodenwrangen- und Trägersteifigkeit	50
C.2.4	Behandlung von Schotts oder sehr hohen Bodenwrangen	51
C.2.5	Lastfall 1	51
C.2.6	Analyse unter Lastfall 3 (senkrechtes Aufsetzen)	52
C.2.7	Widerstand gegen Lastfall 4 (Längsaufprall)	52
C.3	Analyse der Bodenwrangenfestigkeit — Weitere Typen	54
C.3.1	Nicht bündig am Rumpf montierte Kielanordnungen	54
C.3.2	Gekapselte Kiele	56
C.3.3	Idealisierungsmodell der konstruktiven Ausführung	56
C.3.4	Gleichungen	57
C.4	Abschließende Bewertung von Bodenwrangen	58
Anhang D	(informativ) Bewährte Verfahren zur Berechnung der Festigkeit von Kielflossen (Fest-, Hub- oder Kippkiele) und angeschraubter Ballastkiele	59
D.1	Allgemeines	59
D.2	Entwurfsfestigkeit von Ballastkielwerkstoffen	59
D.3	Festigkeit von Ballastkielen unter den Lastfällen 1 oder 2	59
D.3.1	Allgemeiner Fall	59
D.3.2	Angeschraubter Ballastkiel mit oberem Flansch	60
D.3.3	Stahlgussballastkiele	61
D.3.4	Ballastkiele aus Bleilegierung	61
D.3.5	Massiv- und Hohl-Tragflügelprofile	61
D.3.6	Geschweißte Kiele	61
D.4	Analyse von geschraubten Ballastkielen	62
D.4.1	Verhältnis zwischen Schrauben-Nenndurchmesser und Kerndurchmesser	62
D.4.2	Darstellung typischer Schraubenanordnungen	63
D.4.3	Position der querlaufenden Scharnierlinie	64
D.4.4	Schraubendurchmesser-Bestimmung unter Lastfall 1	64
D.4.5	Analyse von geschraubten Ballastkielen unter Lastfall 4	66
D.4.6	Endgültige Bewertung des Schraubendurchmessers	66
D.4.7	Auflagerdruck auf dem Ballastkiel	67
D.5	Lokale Einzelheiten	68
D.5.1	Gültigkeit der Berechnungen	68
D.5.2	Anwendung von Tabelle D.2 zur Bewertung der Verstärkungsplattenmaße, Rumpfdicke und Einzelheiten zur Verbindung mit dem Bootskörper	68
D.5.3	Übertragung der Schraubenlast auf den Bootskörper und Einzelheiten zu den Verbindungen	78
Anhang E	(informativ) Geometrische Eigenschaften von einigen typischen Formen von Tragflügelprofilen des Anhangs	80

E.1	Abmessungen	80
E.2	Geometrische Eigenschaften (Biegung)	80
E.2.1	Transversales Widerstandsmoment SM_T und transversales Trägheitsmoment I_T	80
E.2.2	Longitudinales Widerstandsmoment SM_L Longitudinales Trägheitsmoment, I_L	81
E.3	Geometrische Eigenschaften (Torsion)	82
Anhang F	(informativ) Vereinfachte Dauerfestigkeitsbewertung	83
F.1	Beispiele für Lasten, die Ermüdungsversagen hervorrufen	83
F.2	Verfahren zur Bewertung der Ermüdungslebensdauer	83
F.2.1	Allgemeines	83
F.2.2	Entwurf	83
F.2.3	Berechnung	83
F.2.4	Inspektion	84
F.3	Vereinfachtes Berechnungsverfahren	85
F.3.1	Beschränkungen des vereinfachten Verfahrens	85
F.3.2	Ermittlung des maximalen Spannungsbereichs (Vollastwechsel) unter Lastfall 1 (nicht-Kippkiel) oder Lastfall 2 (Kippkiel)	85
F.3.3	Bestimmung der Lastspielzahl, die tatsächlich für jede Spannungsbereichsgruppe erfahren wird	87
F.3.4	Ermittlung der $S-N$ -Kurve, die bei einer an der Wurzel gewählten Stelle zu verwenden ist	88
F.3.5	Ermittlung des MSF-Wertes	93
F.3.6	Den MSF-Wert verstehen	94
F.3.7	Zulässiger Spannungs-Ansatz	94
F.4	Vollständiges Berechnungsverfahren	94
Literaturhinweise		96

Bilder

Bild 1	— Skizze von festem Kiel in Mittschiffsebene, Kimmkielen und Kippkiel	22
Bild 2	— Auswirkung von Torsion auf die Schraubenspannung unter Lastfall 1	27
Bild 3	— Vereinfachtes Verfahren zur ersten Beurteilung der Wirkung einer vertikalen, seitlich versetzten Last	28
Bild B.1	— Beispiele für empfohlene einseitige Schweißung	44
Bild C.1	— Bodenwrangelängen	47
Bild C.2	— Idealisierte Scherkraft/Biegemoment-Darstellung und Maß von Bodenwrangen mit einer Kieloberseitenbreite b	49
Bild C.3	— Seitenansicht einer typischen Bodenwranganordnung und längsverlaufenden Grundberührungskraft	53
Bild C.4	— Nicht bündig am Rumpf montierte Kielanordnungen	56
Bild C.5	— Beispiel einer konstruktiven Ausführung für gekapselte Kiele	56
Bild D.1	— Kielverschraubungen	64
Bild D.2	— Fläche mit erhöhtem Bodendruck in Bezug auf den Ballastkiel	69
Bild D.3	— Die Maße müssen denen in Tabelle D.2 entsprechen.	74
Bild D.4	— Beispiele von geschraubten Verbindungen	75
Bild E.1	— Massiv- und Hohl-Tragflügelprofile	80
Bild F.1	— Spannungsbereichsspanne [Spannungsbereich von Gruppen-/Höchstbereich, in Lastspielzahl, gegen Log (n) der Gruppe]	88
Bild F.2	— Beispiel zur Ermittlung des Schweißfaktors	90
Bild F.3	— Längslaufende und querlaufende Schweißungen	91

Tabellen

Tabelle ZA.1	— Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der Richtlinie 2013/53/EU	8
--------------	---	---

Tabelle ZA.2 — Anwendbare Normen, um die Konformitätsvermutung, wie in diesem Anhang ZA beschrieben, zu begründen	9
Tabelle 1 — Nomenklatur	15
Tabelle 2 — Entwurfsspannungen und Spannungskoeffizienten	17
Tabelle 3 — Wert des Spannungsfaktors k_{LC} nach Lastfall	18
Tabelle B.1 — Werte von σ_{LIM} , τ_{LIM} , σ_{LIMb} , σ_{LIMw} für typische Metalle	35
Tabelle B.2 — Werte von σ_{LIM} , τ_{LIM} , σ_{LIMb} , σ_{LIMw} für Stahlguss	37
Tabelle B.3 — Gegenüberstellung von Normbezeichnungen nichtrostender Stähle	38
Tabelle B.4 — Klassifizierung von Verbindungselementen aus nichtrostendem Stahl nach ISO 3506-1	38
Tabelle B.5 — Mechanische Eigenschaften von Schrauben und Bolzen aus nichtrostendem Stahl nach ISO 3506-1	39
Tabelle B.6 — Mechanische Eigenschaften von Stahlschrauben und Bolzen	39
Tabelle B.7 — Vorausberechnete Entwurfsspannung und Verhältnis σ_d/σ_y für typische Kielbefestigungswerkstoffe	39
Tabelle B.8 — Beispielswerte für Vorspannung F_{Pr} (kN) und Anzugsdrehmoment T_o (N · m) für ISO-M-Verbindungselemente, gültig mit Reibungsscheibe	42
Tabelle C.1 — Gleichungen von Scherkraft f und Biegemoment m für Lastfälle 1 und 3 oder 4 für den einfach gestützten oder fest eingespannten Typ der Endverbindung (bündig montierte Kiele)	49
Tabelle C.2 — Lastfall 4 Trägerlastanteil P_G	55
Tabelle C.3 — Gleichungen zu Scherkraft f und Biegemoment m für Lastfall 1 oder 2 und 3 oder 4 für einfach gestützte oder fest montierte Einspannarten (Eingelassene, Hub-, und Kippkiele)	57
Tabelle D.1 — Werte für ISO-M-Schrauben	62
Tabelle D.2 — Detaillierte Anforderungen für Schrauben-Detailanordnungen auf der Basis anerkannter Verfahren	70
Tabelle D.3 — Vorberechnete Daten für Maße in Bezug auf Schrauben — Werte aus Tabelle D.2	77
Tabelle E.1 — Werte von k_f und k_{f1} für typische Profilformen	81
Tabelle F.1 — Vereinheitlichter Spannungsbereich gegen erfahrene Lastspielzahl	87
Tabelle F.2 — Werte von S_R	91
Tabelle F.3 — Spannungsbereich gegen die Lastspielzahl, die Versagen verursacht (ausgearbeitetes Beispiel)	92
Tabelle F.4 — Ermittlung des MSF-Wertes (ausgearbeitetes Beispiel)	93

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 12215-9:2024) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 188 „Small craft“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 464 „Kleine Wasserfahrzeuge“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 12215-9:2018 ersetzen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 12215-9:2024 wurde von CEN als prEN ISO 12215-9:2024 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Anhang ZA
(informativ)

**Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den
grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden
Richtlinie 2013/53/EU**

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines von der Europäischen Kommission erteilten Normungsauftrages M/542/C (2015) 8736 (final) erarbeitet, um ein freiwilliges Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2013/53/EU bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Union im Sinne dieser Richtlinie in Bezug genommen worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den in Tabelle ZA.1 aufgeführten normativen Abschnitten dieser Norm und die Anwendung der Ausgabe der normativ in Bezug genommenen Normen in Tabelle ZA.2 innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereiches dieser Norm zur Vermutung der Konformität mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und der zugehörigen EFTA-Vorschriften.

**Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der
Richtlinie 2013/53/EU**

Grundlegende Anforderungen der Richtlinie 2013/53/EU	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser EN	Erläuterungen/Anmerkungen
Anhang I, Teil A, 2.5 — Handbuch für Schiffsführer	7.7.1, D.3.4, F.2.4.2	Diese Abschnitte enthalten Warnhinweise und Informationen, die im Handbuch für Schiffsführer enthalten sein müssen, sofern relevant.
Anhang I, Teil A, 3.1 — Bauweise	Alle Abschnitte	<p>Dieses Dokument enthält Anforderungen an die Festigkeit von Einrumpf-Segelbootanhängen mit konventionellen Kielkonfigurationen. Es befasst sich mit den Entwurfsspannungen und Strukturbelastungen des Kiels und seiner Verbindungen. Die Lastfälle entsprechen denen der meisten konventionellen Kielkonfigurationen; sie sind jedoch gegebenenfalls nicht in allen Fällen geeignet, und die Anwender, z. B. Konstrukteure oder Schiffbauer, müssen dennoch die Eignung der Konstruktion sicherstellen.</p> <p>Die aus dieser Norm abgeleiteten Abmessungen sind in erster Linie für Freizeit-Segelfahrzeuge vorgesehen. Die Maße gelten als praxisgerecht, sofern das Wasserfahrzeug korrekt gehandhabt und mit einer dem Seegang angemessenen Geschwindigkeit betrieben wird.</p>

Tabelle ZA.2 — Anwendbare Normen, um die Konformitätsvermutung, wie in diesem Anhang ZA beschrieben, zu begründen

Spalte 1 Verweisung in Abschnitt 2	Spalte 2 Ausgabe der Internationalen Norm	Spalte 3 Titel	Spalte 4 Entsprechende Ausgabe der Europäischen Norm
ISO 898-1	ISO 898-1:2013	<i>Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel — Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes — Coarse thread and fine pitch thread</i>	EN ISO 898-1:2013 EN ISO 898-1:2013/AC:2013
ISO 3506-1	ISO 3506-1:2020	<i>Fasteners – Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 1: Bolts, screws and studs with specified grades and property classes</i>	EN ISO 3506-1:2020
ISO 8666	ISO 8666:2020	<i>Small craft — Principal data</i>	EN ISO 8666:2020 EN ISO 8666:2020/A11/2021
ISO 12215-3	ISO 12215-3:2002	<i>Small craft — Hull construction and scantlings — Part 3: Materials — Steel, aluminium alloys, wood, other materials</i>	EN ISO 12215-3:2018
ISO 12215-5	ISO 12215-5:2019	<i>Small craft — Hull construction and scantlings — Part 5: Design pressures for monohulls, design stress, scantlings determination</i>	EN ISO 12215-5:2019
ISO 12215-6	ISO 12215-6:2008	<i>Small craft — Hull construction and scantlings — Part 6: Structural arrangements and details</i>	EN ISO 12215-6:2018
ISO 12217-2	ISO 12217-2:2022	<i>Small craft — Stability and buoyancy assessment and categorization — Part 2: Sailing boats of hull length greater than or equal to 6 m</i>	EN ISO 12217-2:2017

Die in Spalte 1 der Tabelle ZA.2 aufgeführten Dokumente werden in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes normativ zitiert, d. h. sie sind für seine Anwendung erforderlich. Das Erreichen der Konformitätsvermutung unterliegt der Anwendung der in Spalte 4 aufgeführten Normausgabe oder, wenn keine Ausgabe einer Europäischen Norm existiert, der in Spalte 2 der Tabelle ZA.2 angegebenen Ausgabe der Internationalen Norm.

E DIN EN ISO 12215-9:2024-09
prEN ISO 12215-9:2024 (D)

WARNHINWEIS 1 — Die Konformitätsvermutung bleibt nur bestehen, so lange die Fundstelle dieser Europäischen Norm in der im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlichten Liste erhalten bleibt. Anwender dieser Norm sollten regelmäßig die im Amtsblatt der Europäischen Union zuletzt veröffentlichte Liste einsehen.

WARNHINWEIS 2 — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Rechtsvorschriften der EU anwendbar sein.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (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 bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

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

ISO weist auf die Möglichkeit hin, dass die Anwendung dieses Dokuments mit der Verwendung eines oder mehrerer Patente verbunden sein kann. ISO bezieht jedoch in dieser Hinsicht keinerlei Stellung bezüglich Nachweis, Gültigkeit oder Anwendbarkeit jeglicher beanspruchten Patentrechte. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments lag ISO eine Mitteilung über ein Patent bzw. mehrere Patente vor, welche/s zur Umsetzung dieses Dokuments erforderlich sein könnte/n. Anwender werden jedoch darauf hingewiesen, dass dies möglicherweise nicht der aktuelle Informationsstand ist. Dieser kann jedoch der Patentdatenbank unter www.iso.org/patents entnommen werden. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 188, *Small craft*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 464, *Kleine Wasserfahrzeuge*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 12215-9:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- redaktionelle Änderungen zur Verbesserung des Formats, der Sprache, der Konsistenz, der Klarheit, der Interpretation, der Lesbarkeit, der Berücksichtigung der aktuellen Praxis und der Übereinstimmung mit diesem Teil der Norm;
- die Ergänzung der Tabelle 3 um die Berücksichtigung des Kippkielantriebs und der Kielträgerstruktur
- Konformität: Anhang A muss in jedem Fall ausgefüllt werden. Der Wortlaut wurde präzisiert;
- die Ergänzung von qualifiziertem Durchmesser der Verstärkungsplatte und Dickenbehandlung im Falle einer reduzierten Rumpfdicke in Tabelle D.2;

E DIN EN ISO 12215-9:2024-09
prEN ISO 12215-9:2024 (D)

- eine besondere Vorsichtsmeldung über die Nähe von Schrauben zu Schweißnähten in D.4.7;
- Neubewertung von Anhang F *Vereinfachte Dauerfestigkeitsbewertung*, Verdoppelung der Betriebslebensdauer auf 16 Millionen Lastspiele und entsprechende MSF-Berechnung.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 12215 kann auf der ISO-Internetseite abgerufen werden.

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

In diesem Dokument wird die Bedeutung angemessener Abmessungen, Konstruktionspraktiken und Zustandsbeurteilungen für die Anhänge von Segelfahrzeugen, vor allem für den Ballastkiel, anerkannt.

Der Verlust eines Ballastkiels, der zum Kentern des Wasserfahrzeuges führt, ist eine der größten Unfallgefahren auf Segelfahrzeugen, deshalb ist die strukturelle Wirksamkeit aller Bauteile des Kiels und seiner Verbindung mit dem Wasserfahrzeug von allergrößter Bedeutung.

Dieses Dokument legt die Lastannahmen und ihre zugehörigen Belastungsfaktoren fest. Der Anwender (z. B. der Konstrukteur oder der Schiffbauer) hat dann zwei Möglichkeiten, die konstruktive Ausführung zu bewerten:

- a) Einsatz von rechnerischen Verfahren, mit denen die Struktur dreidimensional modelliert werden kann. Zu den Verfahren gehören die Finite-Elemente-Methode, das Weggrößenverfahren oder die Rahmenverfahren, **nach denen Anhang A für die Einhaltung der Vorschriften ausgefüllt werden muss**. Allgemeine Leitlinien zu Modellierungsannahmen innerhalb von Abschnitt 8 dieses Dokuments werden bereitgestellt.

oder

- b) die Verwendung von vereinfachten, zweidimensionalen Belastungsgleichungen. Diese sind in Anhang B bis Anhang F dargelegt. Wird diese Option gewählt, müssen alle anwendbaren Anhänge verwendet werden, um die Anforderungen dieses Dokuments zu erfüllen. **Anschließend muss Anhang A ausgefüllt werden, um die Einhaltung der Anforderungen zu bestätigen.**

Dieses Dokument wurde unter Berücksichtigung der aktuellen Praxis und der anerkannten technischen Grundsätze erstellt. Die Lastannahmen und Kriterien dieses Dokuments dürfen mit den darin enthaltenen Dimensionsbestimmungsgleichungen oder unter Verwendung von gleichwertigen Konstruktionsverfahren wie oben unter Punkt a) genannt verwendet werden.

Dieses Dokument spiegelt die aktuelle Praxis wider, vorausgesetzt, das Wasserfahrzeug wird nach guter Seemannschaft korrekt gehandhabt, ist gut konstruiert und gebaut¹, wird gewartet, ist gut ausgestattet und wird mit einer Geschwindigkeit gefahren, die dem vorherrschenden Seegang angemessen ist. Die Inspektion aller Anhänge nach der Grundberührung ist unerlässlich.

Rennboote sind nicht der Hauptgegenstand der ISO 12215. Insbesondere wird den Anwendern dringend davon abgeraten, die Abmessungen von Rennbooten so zu gestalten, dass sie gerade noch den Vorschriften entsprechen.

ISO 12215-5:2019, Anhang J, enthält zusätzliche Anforderungen für gewerbliche Wasserfahrzeuge und Arbeitsboote. Die Grundsätze dieser Anforderungen können auch für Rennboote gelten, deren Einsatzbedingungen ein unabhängiges Wartungs- und Besichtigungsprogramm durch eine qualifizierte Organisation rechtfertigen. Dies wird in Anhang 9 dieses Dokuments näher erläutert.

1 Die Übereinstimmung mit diesem Dokument stellt nicht in allen Fällen eine zufriedenstellende Konstruktion sicher und entbindet den Anwender, z. B. den Konstrukteur oder Schiffbauer, nicht von seiner Konstruktionsverantwortung, die ihm in vollem Umfang obliegt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument definiert die Lasten und legt die Dimensionierung von Anhängen für einrumpfige Segel-fahrzeuge mit einer Rumpflänge (L_H), die nach ISO 8666 oder einer Ladelinienlänge (siehe ANMERKUNG 1 in Abschnitt 1 von ISO 12215-5) von bis zu 24 m gemessen wird. Es enthält:

- Entwurfsspannungen,
- die zu bewertenden Bauteile,
- Lastfälle und Lastannahmen für Kiele, Schwerter und deren Befestigung,
- Rechenverfahren und Modellierungsanleitungen und
- Nachweisverfahren für diese Bestimmungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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). Datierter Versionen sind vorgesehen, wenn dieser Teil direkt auf einen Abschnitt in diesem datierten Teil von ISO 12215 verweist.

ISO 898-1, *Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel — Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes — Coarse thread and fine pitch thread*

ISO 3506-1, *Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 1: Bolts, screws and studs with specified grades and property classes*

ISO 8666, *Small craft — Principal data*

ISO 12215-3, *Small craft — Hull construction and scantlings — Part 3: Materials: Steel, aluminium alloys, wood, other materials*

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

ISO 12215-6:2008, *Small craft — Hull construction and scantlings — Part 6: Structural arrangements and details*

ISO 12217-2, *Small craft — Stability and buoyancy assessment and categorization — Part 2: Sailing boats of hull length greater than or equal to 6 m*

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 <https://www.electropedia.org/>

3.1

Entwurfskategorie

Beschreibung von Wellenhöhen und Windstärken, für die ein Wasserfahrzeug als geeignet angesehen wird

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

Anmerkung 2 zum Begriff Die Festlegungen der Entwurfskategorien stimmen mit der Richtlinie über Sportboote und Wassermotorräder der Europäischen Union 2013/53/EU überein.

3.2

Masse des voll beladenen Bootes

m_{LDC}

Masse des voll beladenen Wasserfahrzeugs bei Auslaufbereitschaft einschließlich sämtlicher Anhänge

Anmerkung 1 zum Begriff Der Zustand des voll beladenen Wasserfahrzeugs bei Auslaufbereitschaft wird in ISO 8666 näher festgelegt.

3.3

Segelfahrzeug

Wasserfahrzeug, dessen Hauptantriebsmittel Windkraft ist

Anmerkung 1 zum Begriff Dies wird in ISO 8666 näher festgelegt.

3.4

Masse des Kiels

m_{KEEL}

Masse des Ballastkiels, d. h. Kielflosse zuzüglich, falls vorhanden, der Kielbombe, und bei Kimm- oder Mehrfachkielen eines einzelnen Kiels

Anmerkung 1 zum Begriff Die Masse des Kiels wird in kg angegeben.

4 Symbole

Soweit nicht ausdrücklich gesondert festgelegt, gelten in diesem Dokument die Symbole nach Tabelle 1.

Tabelle 1 — Nomenklatur

Symbol	Maßeinheit	Bezeichnung/Bedeutung des Symbols	Verweisung/Unterabschnitt
A_{CB}	m ²	Fläche des vollständig abgelassenen Kielschwertes	7.7.1
A_S	m ²	Projizierte Segelfläche (Großsegel, Vorsegeldreieck und Flügelmast) nach ISO 12217-2	7.7.1
a	m	Abstand entlang der Kielmittellinie vom Massenschwerpunkt (CG) des Kiels zur Rumpfverbindung oder zum Kielflansch	7.2
b_f	mm	Gesamtbreite des Tragflügelprofils des Anhangs	E.1
c	m	Abstand entlang der Mittellinie des Kiels zwischen Rumpfverbindung und mittlerer Höhe der Bodenwange	7.2
c_a	m	Durchschnittswert von c für mehrere Bodenwrangen	7.5.1
e	m	Anteil der gesamten Seitenkraft, die vom Kielschwert aufgenommen wird	7.7.1
F_i	N	Entwurfskraft; dabei ist i der entsprechende Lastfall	7

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Maßeinheit	Bezeichnung/Bedeutung des Symbols	Verweisung/Unterabschnitt
g	m/s ²	Gravitationsbeschleunigung = 9,81 m/s ²	7
h_{CE}	m	Höhe des Flächenschwerpunkts von A_S	7.7.1
h_K	m	Höhe des Kiels zwischen Kielsohle und Rumpfverbindung	7.5.1
h_{F4}	m	Höhe des Angriffs von Kraft F_4 (Lastfall 4)	7.5.1
I_L	cm ⁴	Longitudinales Trägheitsmoment des Tragflügelprofils des Anhangs	E.2.2
k_{DC}	—	Entwurfskategorie-Faktor	5, Tabelle 2
k_f	—	Formfaktor des Anhangs	Tabelle E.1
k_{f1}	—	Formfaktor des Anhangs	Tabelle E.1
k_{LC}	—	Lastfall-Koeffizient	5, Tabelle 3
k_{LD}	—	Längen-Verdrängungs-Koeffizient	7.7.1
k_{MAT}	—	Werkstoffkoeffizient	5, Tabelle 2
L_f	mm	Gurtlänge des Tragflügelprofils des Anhangs	E.1
L_{WL}	m	Wasserlinienlänge unter m_{LDC} -Bedingungen	7.7.1
m_{LDC}	kg	Siehe Begriff 3.2	3.2, 7
m_{KEEL}	kg	Siehe Begriff 3.4	3.4, 7.4
M_{IJ}	N·m	Entwurfsbiegemoment; dabei geben die Indices I und J den jeweiligen Lastfall an	7
SM_L	cm ³	Längsschnittmodul des Tragflügelprofils des Anhangs	E.2.2
st_i	N/mm ²	Spannung, die σ oder τ sein kann; dabei kann i LIM, d, u, y, yw oder yu sein	5
t_f	mm	Wanddicke des hohlen Tragflügelprofils des Anhängers	E.1
α	Grad	Anstellwinkel des Kielschwertes	7.7.1
ϵ_R	%	Bruchdehnung	Tabelle B.2
θ	Grad	Winkel zwischen Kielachse und Mittellinie für Kippkiele	7.3.1

5 Entwurfsspannungen

Die Höchstspannung muss für jedes jeweilige Bauteil und jeden Lastfall berechnet werden.

Die Entwurfsspannung st_d , ist die jeweilige Grenzspannung multipliziert mit diversen Spannungskoeffizienten:

$$st_d = st_{LIM} \times k_{MAT} \times k_{LC} \times k_{DC} \text{ in N/mm}^2 \quad (1)$$

Dabei ist

st_{LIM} die Grenzspannung. Dabei steht st entweder für σ bei Normalspannung oder τ bei Scherspannung, und der Index LIM steht für:

- Metall in ungeschweißtem Zustand oder mit genügend Abstand zu Wärmeeinflusszonen von $\min(st_y; 0,5 \times st_u)$; dabei ist Index y die Streckgrenze und Index u die Zugfestigkeit; d. h. bei Normalspannung σ_y, σ_u , bei Scherspannung τ_y, τ_u und bei Auflagerspannung σ_{by}, σ_{bu} ;
- Metall innerhalb von Wärmeeinflusszonen von $\min(st_{yw}; 0,5 \times st_{uw})$; dabei ist Index y die Streckgrenze und Index u die Zugfestigkeit; d. h. bei Normalspannung: σ_{yw}, σ_{uw} , bei Scherspannung: τ_{yw}, τ_{uw} und bei Auflagerspannung: $\sigma_{byw}, \sigma_{buw}$;
- Holz und glasfaserverstärkter Kunststoff (FVK), die Bruchfestigkeit in Zug- σ_{tu} , Druck- σ_{cu} , Biege- σ_{fu} Auflager- σ_{bu} oder Scherspannung τ_u .
 - k_{MAT} der Werkstoffkoeffizient wie in Tabelle 2 definiert, wobei die Entwurfsspannung dem jeweiligen Werkstoff angepasst ist;
 - k_{LC} der Lastfallkoeffizient wie in Tabelle 3 definiert, wobei die Entwurfsspannung dem jeweiligen Lastfall angepasst ist;
 - k_{DC} der Entwurfskategorie-Koeffizient wie in Tabelle 2 definiert, der eine Erhöhung der Entwurfsspannung für niedrigere Entwurfskategorien einräumt.

Tabelle 2 enthält Einzelheiten zu diesen unterschiedlichen Variablen.

Die Werte von st_{LIM} — d. h. $\sigma_y, \sigma_u, \tau_u$ für ungeschweißte Metalle, $\sigma_{yw}, \sigma_{uw}, \tau_{yw}, \tau_{uw}$ für geschweißte Metalle in Wärmeeinflusszonen oder $\sigma_{tu}, \sigma_{cu}, \sigma_{fu}, \sigma_{bu}$ oder τ_u für Holz und FVK — müssen

- nach ISO 12215-5:2019 bestimmt werden, d. h. nach Prüfungs- oder Standardwerten wie jeweils in Anhang C für FVK, Anhang E für Sandwichkerne und Anhang F für Holzlaminate und Sperrholz angegeben,
- nach Anhang B für die aufgeführten Metalle bestimmt werden, einschließlich, wo zutreffend, ISO 3506-1 für Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl und ISO 898-1 für Verbindungselemente aus Kohlenstoffstahl oder legiertem Stahl und
- für andere Metalle entweder nach einer anerkannten Norm oder anhand von Prüfungen nach der entsprechenden ISO-Norm bestimmt werden.

Tabelle 2 — Entwurfsspannungen und Spannungskoeffizienten

Größe	Werkstoff/Bezeichnung	Wert
st_{LIM}	Metalle, ungeschweißt oder mit genügend Abstand zu Wärmeeinflusszonen ^a	$\min.(st_y; 0,5 \times st_u)^{b\ c}$
	Metalle, innerhalb von Wärmeeinflusszonen, in geschweißtem Zustand ^a	$\min.(st_{yw}; 0,5 \times st_{uw})^{b\ c}$
	Holz oder FVK unter Berücksichtigung der Art der Spannung	$\sigma_{uc}, \sigma_{ut}, \sigma_{uf}, \sigma_{ub}$ and τ_u wie zutreffend ^c
k_{MAT}	Spannungsfaktor	
	Metalle mit einer Bruchdehnung $\epsilon_R \% \geq 7$	0,75
	Metalle mit einer Bruchdehnung $\epsilon_R \% < 7$	$\min.(0,062\ 5\ \epsilon_R + 0,312\ 5; 0,75)^d$
	Holz und FVK	0,33
k_{LC}	Spannungsfaktor (siehe Tabelle 3)	

Tabelle 2 (*fortgesetzt*)

Größe	Werkstoff/Bezeichnung	Wert
k_{DC}	Spannungsfaktor	
	Wasserfahrzeuge der Entwurfskategorien A und B	1,00
	Wasserfahrzeuge der Entwurfskategorien C und D	1,25
<p>^a Allgemein gilt als Wärmeeinflusszone der Bereich innerhalb eines Abstands von 50 mm von der Schweißnaht (siehe F.3.4.3).</p> <p>^b Für Metalle $\tau = 0,58 \times \sigma$.</p> <p>^c Die Auflagerspannung hängt vom Werkstofftyp ab ([8] gibt $\sigma_{ub}/\sigma_{uc} = 2,8$ für Glasfasermatte und 0,91 für Glasrovinggewebe an); Metallvorschriften geben für Schrauben gewöhnlich 2,4 bis 3 an (aber mit folgenden Einschränkungen: weit entfernt von Kanten, Mindestabstand zwischen den Schrauben, Minstdicke/Mindestbolzendurchmesser). Es wird empfohlen, Werte zu verwenden, die aus Prüfungen stammen.</p> <p>^d Der Faktor gibt 0,75 für $\epsilon_R \geq 7\%$ und 0,375 für $\epsilon_R = 1\%$ an sowie die lineare Interpolation dazwischen. Die Werte für ϵ_R sind in Tabelle B.2 angegeben.</p>		

Tabelle 3 — Wert des Spannungsfaktors k_{LC} nach Lastfall

Lastfall	Kiel und Anhänge — Beschreibung des Lastfalls	Abschnitt	Wert von k_{LC}
1	Kielverschraubung ^a	7.2	0,67
	Andere Teile des Festkiels — Metall	—	0,8
	Andere Teile des Festkiels — FVK ^b	—	0,9
2	Kippkiel — Metall	7.3	0,8
	Kippkiel — FVK	7.3	0,9
	Kippkiel — metallischer Antrieb/metallischer Antrieb und Kielträgerstruktur	7.3	0,8
	Kippkiel — FVK-Antrieb/FVK-Antrieb und Kielträgerstruktur	7.3	0,9
3	Senkrechtes Aufschlagen des Kiels	7.4	1
4	Kiel Längsaufprall	7.5	1
5	Jolle nach Kentern wieder aufrichten (Festigkeit des Kiel-/Steckschwertes)	7.6	1,34
6	Kiel-/Steckschwert am Wind	7.7	1,0
<p>^a Lastfall 1 behandelt Schrauben anders als andere Strukturbauteile. Die Entwurfsspannung von Schrauben ist niedriger als die für andere Strukturbauteile, um die Wirkungen von Spannungskonzentrationen in den Schrauben zu berücksichtigen und um mit bewährter Konstruktionspraxis übereinzustimmen.</p> <p>^b Vorsicht: Die Anforderungen dieses Dokuments basieren auf den Festigkeitskriterien. In manchen Fällen, wie beispielsweise Kielflossen, die aus Werkstoffen mit einem niedrigeren Widerstandsmoment gefertigt sind, kann die Notwendigkeit, die Auslenkungen einzuschränken und/oder die Eigenfrequenz zu erhöhen, eine wesentliche Anhebung der Dimensionierung auf Werte über diesen Anforderungen erfordern. Derartige Fälle liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments.</p>			

6 Tragende, zu bewertende Bauteile

VORSICHT — Der Verlust des Kiels kann auf eine unzureichende Dicke der Bodenbeplattung im Kielbereich zurückgeführt werden. Insbesondere sind Schraubenverbindungen oder ein unzureichend bewerteter Kraftschluss zwischen Verbindungsschrauben und der zugehörigen Struktur sowie solche Schrauben, die zu weit von der maßgeblichen Versteifung entfernt angeordnet sind, die Ursache für diesen Verlust. Es wird daher dringend empfohlen, dass die Bestimmungen in Abschnitt D.5 und Tabelle D.2 eingehalten werden, und insbesondere für Schrauben, die zu weit von einer Steife

entfernt sind, diejenigen in Tabelle D.2, Position 3. Der Kielverlust kann auch auf eine unzureichende Dauerfestigkeit der Kielflossen zurückgeführt werden. In solchen Fällen sollten die Bestimmungen in Anhang F befolgt werden.

Folgendes muss bei der Bewertung oder dem Entwurf von Bauteilen, die von diesem Dokument abgedeckt sind, beachtet werden:

- Kiel/Rumpf-Verbindung (Schrauben, Keilverbindung, Kielansatz usw.); siehe Bild 1, Bild C.3, Bild C.4 und Bild D.1.
- Bodenbeplattung im Bereich der Kielverschraubungen und Krafteinleitung über den Bereich der Kielverschraubungen hinaus in den Rumpf: Kiele sollten nicht an einem Rumpfboden aus einer Sandwichkonstruktion verschraubt werden. Der strukturelle Aufbau muss sicherstellen, dass alle Lasten — Kompression durch den Kiel, Schraubenvorspannung usw. — sicher übertragen werden. Anmerkung: Die Begriffe „Vorspannung“ und „Vorlast“ werden synonym verwendet.
- Verstärkungsplatten (in der Regel rechteckige Stahlplatten, die auf der Innenseite der Rumpfschale angebracht sind und die Last verteilen)/Stahlunterlegscheiben (ringförmig, unter Befestigungsmuttern oder Schraubenköpfen angebracht).
- Bodenwrangen, Längsträger und zugehörige Verbände.
- Kielkästen, Kippkielantriebe und Tragkonstruktion.
- Flossen, Kielschwerter, Steckschwerter mit Tragflügelquerschnitt (Anmerkung: Tragflügelboote werden nicht berücksichtigt).

Bewertungen sollten mit rechnerischen Verfahren nach Abschnitt 8 oder anhand der in Abschnitt 9 beschriebenen bewährten Verfahren durchgeführt werden.

7 Lastfälle

7.1 Allgemeines

7.1.1 Status von Lastannahmen

VORSICHT — Für die Lastfälle 1 und 2 — Bei Kielen mit einem großen Krümmungswinkel in der Längsachse kann der Massenschwerpunkt (CG) einen beträchtlichen Abstand nach vorne oder achtern von der Mitte in Längsrichtung der Kielwurzel oder der Anordnung der Kielverschraubung aufweisen. Dadurch wird zusätzlich zum Biegemoment ein Torsionsmoment erzeugt. In diesen Fällen ist es erforderlich, die direkten aus der Biegung resultierenden Spannungen mit den Scherspannungen aus der Torsion zu kombinieren. Die sich daraus ergebende Von-Mises-Vergleichsspannung darf die Entwurfsspannung nach Gleichung (1) nicht überschreiten, wobei auch 7.8 zu beachten ist. Siehe auch 7.8.1.

Die Entwurfsspannung muss für jeden Lastfall nach Gleichung (1), zusammen mit den Entwurfsspannungskoeffizienten nach Tabelle 2 und Tabelle 3 wie folgt bewertet werden:

- 7.2 definiert Lastfall 1 *90°-Kenterung mit festem Kiel* und die zugehörige Kraft F_1 , sowie das Entwurfsbiegemoment M_1 bei 90° an der Kielwurzel/der Ebene der Kielverschraubungen beziehungsweise in der neutralen Phase der Bodenwrange; dieses Verfahren muss bei Festkielen, sowohl senkrechten als auch abgewinkelten — wie im Fall von Kimmkielen — und axial wirkenden Hub- oder Schwenkkielen angewendet werden.
- 7.3 definiert Lastfall 2 *Kippkiel* und die entsprechende Kraft F_2 sowie das Entwurfsbiegemoment M_2 bei 30° gleichmäßiger Krängung zuzüglich eines dynamischen Überlastfaktors. Dies darf nur für Kippkiele verwendet werden;

- 7.4 definiert Lastfall 3 *senkrecht Aufschlagen* und die senkrechte Entwurfskraft F_3 ;
- 7.5 definiert Lastfall 4 *Längsaufprall* und die waagerechte Entwurfskraft F_4 für den Fall eines Längsaufpralls auf einen ortsfesten oder schwimmenden Gegenstand oder ein Tier;
- 7.6 definiert Lastfall 5 *Aufrichten einer Jolle nach Kenterung* und die senkrechte Entwurfskraft F_5 bei 90°-Kenterung, die auf die Spitze eines Schwertes bei der Wiederaufrichtung einer gekenterten Jolle einwirkt;
- 7.7 definiert Lastfall 6 *Kielschwert/Steckschwert* und die waagerechte Querkraft F_6 , die bei Am-Wind-Segeln auf das Kielschwert oder Steckschwert ausgeübt wird;
- 7.8 berücksichtigt weitere Lastfälle, insbesondere für kombinierte Spannungen, die durch spezielle Konstruktionen entstehen.

7.1.2 Einschränkung von Lastfällen

Dieses Dokument basiert auf der Annahme, dass die Lastgrößen so hoch angesetzt sind, dass die Anzahl der zu erwartenden Vorfälle während der Lebensdauer des Wasserfahrzeuges niedrig sein wird. Somit werden alle Lastfälle als „statisch“ angesehen und dass sie in Verbindung mit statischen Entwurfsspannungen nach Tabelle 2 und Tabelle 3 angewendet werden.

Bei Kielen in Schweißkonstruktion kann die Einhaltung der „statischen“ Lastfälle jedoch nicht sicherstellen, dass aufgrund von Schwellbeanspruchung kein Ermüdungsversagen auftritt. In solchen Fällen muss eine ausdrückliche Ermüdungslebensdauerbewertung und Überprüfungsordnung in Erwägung gezogen werden (siehe Anhang A und Anhang F). Es ist von größter Bedeutung, dass die Reaktion von Strukturen, die Schwellbeanspruchung ausgesetzt sind, geringer ist als die Dauerfestigkeit. Ermüdungsanalysen sind erforderlich, wenn die Beanspruchungen hoch sind und wenn die Strukturen Schweißnähte aufweisen, die eine detaillierte Konstruktion und Dokumentation erfordern.

Kielkonfigurationen, die den in Bild C.4 dargestellten Typen ähneln, müssen von Fall zu Fall geprüft werden.

Zusätzlich wird bei den Lastfällen bezüglich der Schraubenverbindungen davon ausgegangen, dass die Verfahren der Beurteilung der Kielverschraubungen auf der Annahme einer weitgehend gleichmäßigen Verteilung von Durchmessern und Abständen entlang der Kielwurzel oder des Kielflansches basieren (Details sind in Abschnitt D.4 angegeben).

7.2 Lastfall 1 — Festkiel bei 90°-Kenterung

Dieser Fall entspricht einer 90°-Kenterung (90°-Krängung) (siehe Bild 1), gewöhnlich die stärkste Biegebelastung in Querrichtung für feste Ballastkiele.

$$F_1 = m_{\text{KEEL}} \times g \quad (2)$$

vertikale Kraft in N bei 90°-Kenterung, die durch Schwerkraft am Kielschwerpunkt CG wirkt

$$M_{1,1} = F_1 \times a \quad (3)$$

Entwurfs-Kielkrängungsmoment am Kielansatz in N·m

$$M_{1,2} = F_1 \times (a + c) \quad (4)$$

das Kielkrängungsmoment der mittleren Höhe der Bodenwange in N·m

Dabei ist

- a der Abstand entlang der Mittellinie zwischen Kielschwerpunkt CG und der Verbindung des Kiels mit dem Rumpf oder dem Kielansatz in m;

c der Abstand entlang der Mittellinie des Kiels zwischen Kielverbindung und der mittleren Höhe der Bodenwrange in m;

g die Fallbeschleunigung, angenommen als $9,81 \text{ m/s}^2$ und durchgehend in diesem Dokument verwendet.

Der Bootskörper, die Kielverbindung und die Steifen müssen diesen Kräften und Momenten standhalten können.

Für Wasserfahrzeuge, die mit einem Flossenkiel und einem Kielansatz ausgestattet sind [siehe Bild 1 b)], kann es erforderlich sein, mehrere Werte für c zu berücksichtigen, um den am höchsten belasteten Punkt festzulegen.

Anhang C enthält Einzelheiten zur Berechnung der Scherkraft und des Biegemomentes für jede Bodenwrange, wenn diese als unabhängige Balken analysiert werden.

ANMERKUNG Für feste Mittelkiele entsprechen diese Biegemomente einem Krängungswinkel von einer 90° -Kenterung, wenn sie als parallel zur Mittellinie verlaufend angesehen werden. Bei festen Kimmkielen [siehe Bild 1 c)] wird der Kosinus ϕ von der Horizontalen bei gekentertem Boot nicht berücksichtigt, da die Kiele zu einem Zeitpunkt vor oder nach Erreichen der 90° -Krängung parallel zur Wasserlinie stehen.

7.3 Lastfall 2 — Kippkiel, konstante Last bei 30° -Krängung mit dynamischem Überlastfaktor

7.3.1 Allgemeines

Dieser Fall gilt nur für Kippkiele [siehe Bild 1 d)]. Er entspricht einer gleichmäßigen 30° -Krängung, die erfahrungsgemäß als Langzeitlast auftreten kann, mit einem zusätzlichen dynamischen Überlastfaktor, der die zusätzliche Lastschwankung berücksichtigt, die auftritt, wenn das Wasserfahrzeug auf den Seegang reagiert.

Lastfall 2 stellt die üblichen Segelbedingungen für ein Wasserfahrzeug mit Kippkiel dar, die jedoch mit einem dynamischen Überlastfaktor² von 40 % beaufschlagt sind, um ungewöhnliche Kombinationen von Starrkörperbewegungen und Beschleunigungen zu berücksichtigen. Er wird daher als selten eintretender Zustand angesehen. Die Ermüdung muss weiterhin berücksichtigt werden, wobei 7.1.2 zu beachten ist:

$$F_2 = 1,4 \times m_{\text{KEEL}} \times g \quad (5)$$

vertikale Kraft in N, die durch Schwerkraft am Schwerpunkt des Kiels wirkt

$$M_{2,1} = F_2 \times a \times \sin(30^\circ + \theta) \quad (6)$$

Entwurfskrängungsmoment in N×m am Kielansatz des Kippkiels

Dabei ist θ der größte Kippwinkel zu einer vertikalen Ebene, der nicht größer als 60° oder kleiner als 30° angenommen werden darf.

ANMERKUNG 1 Die Untergrenze von 30° stellt sicher, dass die Last mindestens 22 % größer als Lastfall 1 ist.

ANMERKUNG 2 Sehr dünne Kippkielflossen, insbesondere bei FVK-Konstruktionen, erfordern häufig eine Schwingungsanalyse, dies liegt jedoch außerhalb des Anwendungsbereiches dieses Dokuments (siehe 7.1.2 und Anhang F).

Für die Berechnung von Bodenwrangen ist das Entwurfskielkrängungsmoment für die tragenden Bodenwrangen:

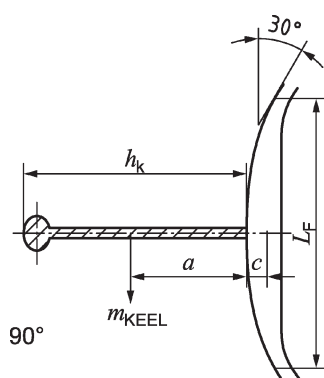
2 Der dynamische Überlastfaktor für übliche Segelbedingungen liegt in der Größenordnung von 15 % bis 20 %, kann aber auch höher sein.

$$M_{2,2} = F_2 \times [a \times \sin(30^\circ + \theta) + 0,5c] \quad (7)$$

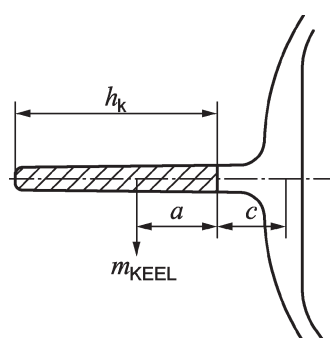
das Entwurfsbiegemoment von Kippkiel-Bodenwrangen in N.

Der Bootskörper, die Kielverbindung und die Steifen müssen diesen Kräften und Momenten standhalten können.

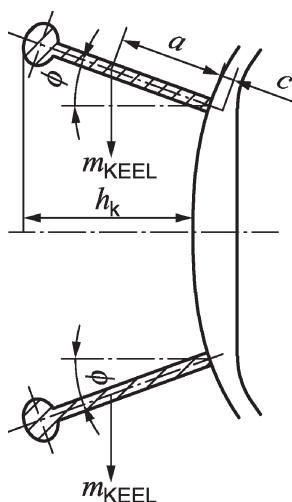
Anhang C enthält Einzelheiten zur Berechnung der Scherkraft und des Biegemoments auf jedem der beiden Kielkastenschotte, wenn diese als unabhängige Balken analysiert werden können.



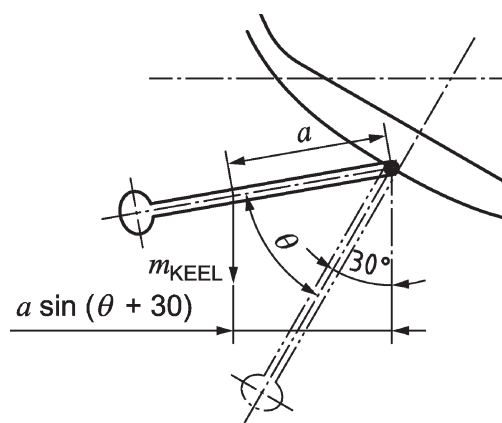
a) Wasserfahrzeug mit Kiel in Mittschiffsebene bei 90°-Krängung



b) Wasserfahrzeug mit Kiel in Mittschiffsebene mit Kielansatz



c) Wasserfahrzeug mit Kimmkielen bei 90°-Krängung



d) Wasserfahrzeug mit Kippkiel bei 30°-Krängung

Bild 1 — Skizze von festem Kiel in Mittschiffsebene, Kimmkielen und Kippkiel

7.3.2 Besondere Anforderungen an Kippkielkonstruktionen

Das Kippkielsystem muss mit einem wasserdichten Kasten ausgestattet sein.

Es müssen konstruktive Elemente vorgesehen sein, um die im Falle einer Leckage oder eines Versagens der Einstellzylinder oder des Einstellsystems die vom Kielkopf ausgehenden Wirkungen aufzunehmen und den umliegenden Bootskörper zu schützen, beispielsweise Anschläge, Aktoren, Sperrbolzen.

7.4 Lastfall 3 — Kielboot, senkrecht aufschlagen

Dieser Fall berücksichtigt eine vertikale Aufpralllast im Zusammenhang mit Trockenfallen oder einer rein senkrechten und aufwärtsgerichteten Grundberührung:

$$F_3 = g (m_{\text{LDC}} - m_{\text{KEEL}}) \quad (8)$$

vertikale Stoßkraft in N, die auf den Kielboden bei aufrechtem Wasserfahrzeug ausgeübt wird.

Das Biegemoment ist hier nicht gesondert angegeben, da es von der Bodenwrangen- und Kielgestaltung (Anzahl, Länge, Steifigkeit, Endeinspannung usw.) abhängt. Anhang C enthält Informationen zur Berechnung von Scherkraft und Biegemoment für jede Bodenwrange, wenn diese als unabhängige Balken analysiert werden können.

Bootskörper, Kielverbindung und Steifen müssen einer senkrechten Kraft F_3 widerstehen können, die auf der Unterseite des Ballastkiels ausgeübt wird und durch den Massenschwerpunkt des Kiels führt, ohne dass die Entwurfsspannungen für Grundberührungen, wie in Abschnitt 5 beschrieben, überschritten werden.

Bei Kimmkielen oder Mehrfachkielen wird angenommen, dass 100 % von F_3 auf der Unterseite jedes einzelnen Kiels, seiner Struktur und seiner Aufhängung ausgeübt werden, da die Grundberührung nur mit einem Kiel geschehen kann. Dies führt zu einem Biegemoment für solche Kimmkiele, das berücksichtigt werden muss (siehe 7.8.2).

Für Kippkiele ist ebenfalls die neutrale Position (Kippwinkel = 0) anzunehmen.

Für Hub- und Schwenkkiele gilt diese Anforderung für den ungünstigsten Fall des ein- oder ausgefahrenen Zustands.

Im ausgefahrenen Zustand muss die Hubvorrichtung

- eine Last F_3 tragen können, ohne dass die Entwurfsspannungen überschritten werden oder
- den Kiel ohne Schäden am Hubsystem so weit einfahren, bis der eingefahrene Zustand erreicht ist.

7.5 Lastfall 4 — Kielboot, Aufprall in Längsrichtung

7.5.1 Wert der Längsaufprallkraft und des Biegemoments

Der Bootskörper und die Kielverbindung müssen, ohne dass die Entwurfsspannungen überschritten werden, einer in Längsrichtung und horizontal verlaufenden Kraft F_4 , die am unteren Ende der Vorderkante des Kiels einwirkt, widerstehen. Der Punkt der Einwirkung muss jedoch nicht tiefer als $0,2 L_{WL}$ unter der Schwimmwasserlinie im beladenen Zustand liegen.

VORSICHT — Die in den folgenden Gleichungen angegebenen Momente sind *nicht* die Biegemomente in den verschiedenen Bodenwrangen; siehe Anhang C.

$$F_4 = 1,2 \times g \times (m_{\text{LDC}} - m_{\text{KEEL}}) \quad (9)$$

längs- und waagrechtverlaufende Aufprallkraft in N

$$M_{4.1} = F_4 \times h_{F4} \quad (10)$$

kombiniertes Biegemoment an der Kielverbindung (Wurzel) aus den horizontalen Längs- und Querkraften in N×m

$$M_{4.2} = F_4 \times (h_{F4} + c_a) \quad (11)$$

kombiniertes Biegemoment in der Mitte der Bodenhöhe aus beiden Längs- und Querstoßkräften in N×m.

Dabei ist

$h_{F4} = \min(h_k; 0,2L_{WL})$, in m, ist der kleinere Wert von

- der Kielhöhe h_k gemessen parallel zur axialen Ebene des Wasserfahrzeugs zwischen seinem Boden und seiner Verbindung zum Rumpf oder Skeg (siehe Bild 1) und
- $0,2L_{WL}$, gemessen von der Schwimmwasserlinie im beladenen Zustand,

c_a der durchschnittliche vertikale Abstand in m der c -Werte von der Kielverbindung bis zur mittleren Höhe der belasteten Bodenwange.

Bei Kippkielen wird h_k gemessen, wenn der Kiel bei aufrechtem Wasserfahrzeug so eingestellt ist, dass der größte Tiefgang erreicht wird.

Für Kimm- und Mehrfachkiele wird angenommen, dass F_4 an jedem Kiel auf der oben festgelegten Höhe h_{F4} ausgeübt wird, da es bei Krängung zu einem Aufprall auf nur einen Kiel kommen kann.

Für Hubkiele wird h_k mit Kiel im vollständig eingesetzten Zustand gemessen. Die Vorrichtung muss F_4 in dem ungünstigsten Fall im eingesetzten oder zurückgezogenen Zustand widerstehen können.

Im ausgefahrenen Zustand muss die Hubvorrichtung entweder:

- eine Last F_4 tragen können, ohne dass die Entwurfsspannung überschritten wird oder
- den Kiel ohne Schäden am Hubsystem so weit einfahren, bis der eingefahrene Zustand erreicht ist.

Schwerter und Hubkiele, die nach ISO 12217 im ausgefahrenen Zustand nicht blockiert sein müssen, brauchen in Bezug auf die Anwendung von F_4 nicht berücksichtigt zu werden.

ANMERKUNG Bei Kielschwertern wirkt das Hubseil oder der Hubzylinder gewöhnlich auch als Sollbruchstelle. Für Steckschwerter fungiert der Schwertkasten oder eine Crashbox als Vorrichtung, die F_4 trägt.

7.6 Lastfall 5 — Kielschwert auf Jollen, die nach Kentern wieder aufgerichtet werden können

Für Segelfahrzeuge, die nach einem Kentern wieder aufgerichtet werden können, wie in ISO 12217 definiert, und bei denen zur Wiederaufrichtung nach einer Kenterung nach ISO 12217 das Schwert als Hebel benutzt wird, muss das Schwert entweder nach F_5 , berechnet nach Gleichung (12) oder nach F_6 , wie in 7.7 festgelegt, bewertet werden, je nachdem, welches Verfahren anspruchsvoller ist:

$$F_5 = 80 \times 9,81 \times n_{PR} \quad (12)$$

vertikale Kraft an der Spitze des ausgefahrenen Schwertes einer gekenterten Jolle in N

Dabei ist n_{PR} die Mindestanzahl von Personen, die nach ISO 12217 zur Wiederaufrichtung nach Kentern erforderlich ist.

ANMERKUNG Diese Anforderung simuliert den Fall, in dem das Gewicht der Crew auf die Spitze des Kielschwertes drückt, um das Wasserfahrzeug wieder aufzurichten. Ein Gewicht von 80 kg entspricht dem eines nassen Besatzungsmitglieds.

In beiden Fällen tritt die größte Biegespannung allgemein in dem Bereich auf, wo das Kielschwert in den Rumpf führt. Das Kielschwert muss als voll ausgefahren angesehen werden.

7.7 Lastfall 6 — Kielschwert oder Steckschwert am Wind

7.7.1 Kielschwerter ohne Ballast

Die Entwurfskraft F_6 , die mittig auf die Oberfläche der Außenfläche des voll eingesetzten Kielschwerts ohne Ballast ausgeübt werden muss (in der Regel $0,5 \times$ Spannweite), ist der größere Wert aus:

$$F_{6.1} = 136 \times (0,075\alpha) \times A_{CB} \times V^2 \quad (13)$$

Entwurfskraft in N aus dem Auftrieb bei Anstellwinkel α oder

$$F_{6.2} = e \frac{M_{RUP}}{h_{CE}} \quad (14)$$

Entwurfskraft in N als Äquivalent zu der durch die Segel auf am-Wind-Kursen erzeugten Kraft.

Dabei ist

- α der Entwurfsanstellwinkel in Grad des Tragflügels, der nicht kleiner als 5° angenommen werden darf;
- A_{CB} die durchschnittliche Fläche des Kielschwertprofils in m^2 (mittlere Höhe $\times$ Spannweite außerhalb des Rumpfes) in voll ausgefahrenem Zustand, wo zutreffend;
- V die Höchstgeschwindigkeit in Knoten des Wasserfahrzeugs im Mindestbetriebszustand m_{MOC} (siehe ISO 12217). Ist diese Geschwindigkeit nicht bekannt, darf folgender Wert angesetzt werden:

$$V = 2,5 \times L_{WL}^{0,5} \times \left(\frac{k_{LD}}{6,15} \right)$$

Dabei ist

$$k_{LD} = \frac{L_{WL}}{\left(\frac{m_{LDC}}{1025} \right)^{0,33}}$$

sie darf jedoch nicht kleiner als 6,15 angenommen werden;

- e der Anteil der gesamten seitlichen Kraft, der vom Kielschwert oder Steckschwert aufgenommen wird. Dieser hängt davon ab, wie die von den Segeln erzeugte Kraft auf Kiel, Ruder und Bootskörper verteilt ist. Sind keine genauen Daten vorhanden, darf für e ein Wert von 0,6 angesetzt werden;
- M_{RUP} das aufrichtende Moment in Nm, wenn das Wasserfahrzeug hoch am Wind segelt, anzusetzen als das Moment bei 30° -Krängung, falls nicht anders dokumentiert;
- h_{CE} die Höhe des Flächenschwerpunkts in m der nominalen Segelfläche (A_S) oberhalb der Wasserlinie des Wasserfahrzeugs in aufrechter Lage, wie in F_{KR} des STIX (Stabilitätsindex) nach ISO 12217-2 angewendet.

Der Koeffizient 0,075 aus der Gleichung (13) gilt für Schwerter mit einem symmetrischen Tragflächenprofil. Er gilt möglicherweise nicht für unsymmetrische Profile, die gewöhnlich eine größere Auftriebskraft erreichen.

Wenn das Schwert nicht dafür ausgelegt ist, die in Gleichung (13) und Gleichung (14) definierten Kräfte bei Höchstgeschwindigkeit, V , wie vorstehend definiert, aufzunehmen, muss ein im Handbuch für Schiffsführer ein entsprechender Warnhinweis enthalten sein.

7.7.2 Kielschwerter mit Ballast

Kielschwerter mit Ballast müssen ebenfalls nach allen relevanten Lastfällen in Abschnitt 7 analysiert werden, wobei die jeweils anspruchsvolleren Anforderungen angewendet werden müssen.

7.8 Weitere Lastfälle

7.8.1 Allgemeines

Dieses Dokument sollte nicht als vollständiges konstruktives Bemessungsverfahren betrachtet werden. Die Lastfälle 1 bis 6 sollen solchen Belastungen entsprechen, die gewöhnlich für die Dimensionierung von Kielbefestigungen bei den meisten konventionellen Kielkonfigurationen maßgeblich sind. Konsequenterweise sollte nicht davon ausgegangen werden, dass die Beachtung dieses Dokuments in allen Fällen eine zufriedenstellende Konstruktion sicherstellt, oder dass diese Beachtung den Anwender, z. B. den Konstrukteur oder Schiffbauer, von seiner jeweiligen Verantwortlichkeit für die Konstruktion entbindet.

Im Folgenden werden allgemeine Anleitungen für Bereiche gegeben, in denen der Anwender Beurteilungen finden möchte, die über den Anwendungsbereich dieses Dokuments hinausgehen. Für diese Fälle werden einfache Verfahren angeboten, mit denen die Anwendbarkeit der Anhang B bis Anhang F überprüft werden kann.

7.8.2 Kombinierte Biegung und Torsion (90°-Kenterung)

Für die Lastfälle 1 und 2, bei denen Kiele einen großen Krümmungswinkel in der Längsachse und/oder einen weit hinten oder weit vorne verschobenen Massenschwerpunkt (CG) aufweisen, kann der CG einen beträchtlichen Abstand nach vorne oder achtern von der Mitte in Längsrichtung der Kielwurzel oder der Anordnung der Kielverschraubung aufweisen. Siehe ACHTUNG in 7.1.1.

Das Vorhandensein einer Torsion verkompliziert entscheidend die vereinfachte unabhängige-Balken-Methode nach Anhang C zur Beurteilung der Festigkeit der Bodenwrangen (als Beispiel siehe Tabelle C.1). Für Anwender, die eine 3D-Strukturanalyse durchführen, wird empfohlen, dass der Kiel als steifer Balken oder Rahmen modelliert wird und die Ballastkraft an den korrekten vertikalen, vorderen und hinteren Stellen angesetzt wird. Dies wird als gute Praxis angesehen, da Punktlasten im Allgemeinen deutlich entfernt vom Lösungsgebiet nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) angesetzt werden sollten. Siehe 8.2.3.

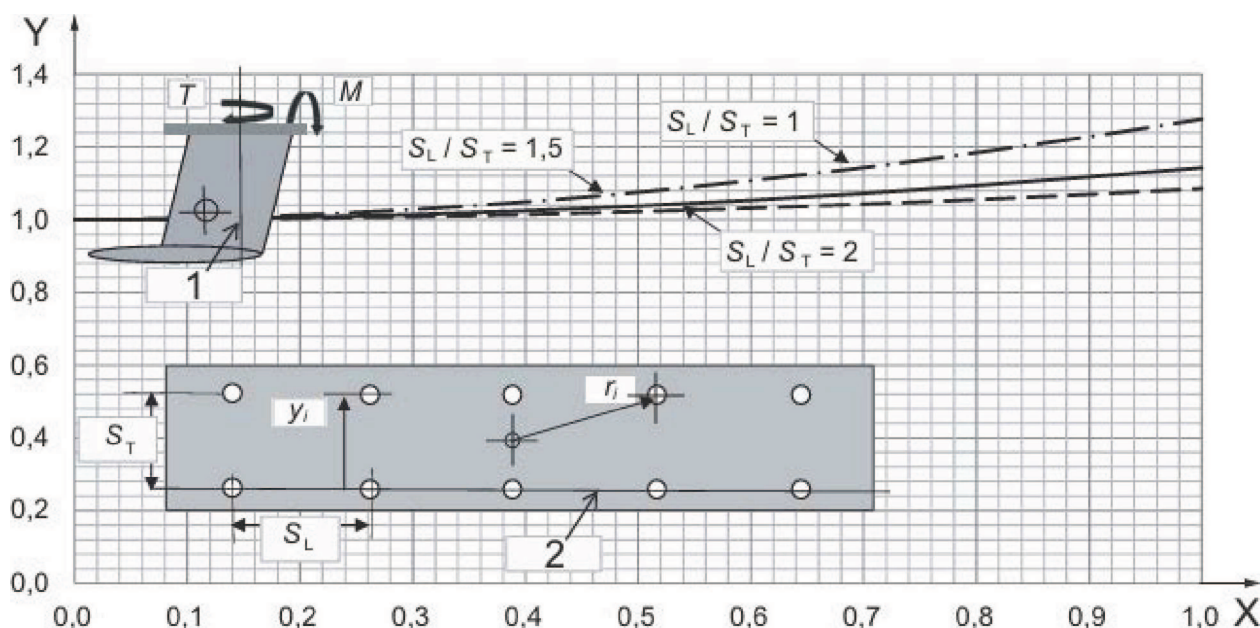
Die Auswirkung einer Torsion auf die Schraubenlast kann beurteilt werden, vorausgesetzt, die Referenzachse ist:

- für die Torsion T eine vertikale Linie durch den Schwerpunkt der durch den Schraubensatz bestimmten Fläche (siehe 1 in der Legende zu Bild 2);
- für das Biegemoment M eine horizontale Linie, die durch die Scharnierlinie festgelegt ist (siehe 2 in der Legende zu Bild 2 und 1 in der Legende zu Bild D.1), und unter Anwendung der Gleichungen der Form:

$$\sigma_{max} = \frac{M \times y_{imax}}{\sum_1^n [a_i \times y_i^2]} \quad (15)$$

$$\tau_{max} = \frac{T \times r_{imax}}{\sum_1^n [a_i \times r_i^2]} \quad (16)$$

Bild 2 zeigt einen Zusammenhang zwischen der aufgebrachten Torsion und dem Biegemoment ($M_{1.1}$) für einen Satz von $n = 10$ Schrauben (identische Fläche a_i), die in einem gleichmäßigen „Kielflansch“-Stil angeordnet sind.



Legende

- X kombiniertes Biege-Torsionsmoment
- Y von-Mises-Spannung/durch das Biegemoment verursachte Spannung
- 1 Torsionsreferenzachse (Schwerpunkt des Schraubensatzes)
- 2 Referenzachse des Biegemoments

Bild 2 — Auswirkung von Torsion auf die Schraubenspannung unter Lastfall 1

Es ist erkennbar, dass die Torsion die von-Mises-Vergleichsspannung um einen Faktor von typischerweise 10 % bis 20 % bei moderatem Versatz nach vorne und hinten erhöht. Die Kraft ist dieselbe wie in Lastfall 1, d. h. $m_{KEEL} \times g$, sodass das Verhältnis Torsion/Biegemoment gleich dem Versatz der Torsion vom Schwerpunkt der Schraubengruppe nach vorne oder achtern geteilt durch a ist, (wie in 7.2 definiert). Diese Zunahme ist eine Funktion des Verhältnisses S_L/S_T , also der jeweiligen Abstände der Schrauben in Längs- und Querrichtung.

Dies beinhaltet, dass in Fällen eines moderaten Verhältnisses von Torsion zu Biegung die Auswirkung dadurch berücksichtigt werden kann, indem sichergestellt ist, dass der Schraubennachgiebigkeitsfaktor nicht kleiner als ungefähr 1,2 ist, wenn nur $M_{1.1}$ wirkt.

Es sollte beachtet werden, dass die Konstruktion mit Kielverschraubungen (siehe Anhang D) nur eine vertikale Kraft berücksichtigt und die querverlaufende Haltekraft, die durch Torsion entsteht, vernachlässigt wird. Dies sollte berücksichtigt werden, wenn die Anforderungen in Anhang D nur minimal erfüllt werden und die Konstruktion gegebenenfalls überarbeitet wird.

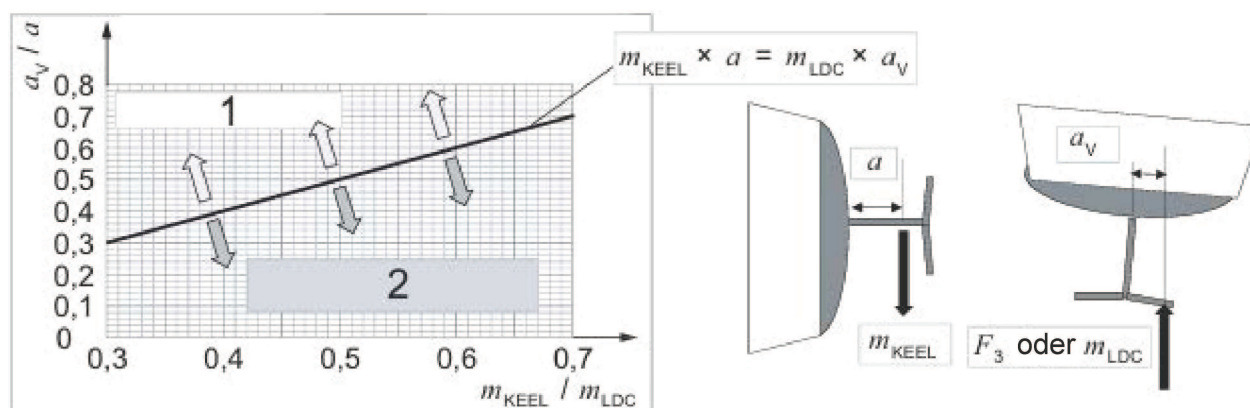
7.8.3 Kombination von Biegemoment und vertikaler Last (Lastfall 3)

Für den Lastfall 3 wird vorausgesetzt, dass der Aufprall des Wasserfahrzeugs so erfolgt, dass die vertikale Kraft durch seine Mittellinie verläuft. Dies bewirkt kein Biegemoment an der Kielwurzel, und die Gleichung in Tabelle C.1 ist gültig. Es ist jedoch möglich, dass das Wasserfahrzeug auf einen Grund fällt, der im Winkel β geneigt ist. Dies würde ein Moment von $m_{LDC} \times S_{KEEL} \times \sin \beta$ bewirken (dabei ist S_{KEEL} die Breite des Kiels). Angenommen, a (siehe 7.2) ist $0,6 S_{KEEL}$ und $m_{KEEL}/m_{LDC} = 0,5$, dann könnte ein Winkel β größer als ungefähr 20° bedeuten, dass Lastfall 1 nicht mehr die ungünstigste Biegung in Querrichtung darstellt.

Ein Kiel mit großen Flügeln könnte bereits bei viel kleineren Winkeln den gleichen Effekt erzielen. Für Anwender eines 3D-Strukturanalyseverfahrens wird empfohlen, dass der Kiel als ein steifes Bauteil modelliert wird und dass die vertikale Kraft F_3 oder m_{LDC} an den vertikal und transversal korrekten Stellen aufgebracht wird.

Bei entsprechendem konstruktivem Ermessen kann es auch möglich sein, Lastfälle 1 und 3 zu kombinieren (siehe Tabelle C.1).

Sofern der seitliche Versatz (a_v) kleiner als $m_{KEEL}/m_{LDC} \times a$ ist (siehe Bild 3), ergibt sich in Lastfall 1 üblicherweise das größere transversale Moment. Dies vernachlässigt das Moment durch die vertikale Kraft (nach Tabelle C.1), sodass sich daraus ergebende Konformitätsfaktoren nahe der Einheit (1,0) eine Neukonstruktion erfordern. Ein Wert von a_v gleich dem Abstand zwischen der Mittellinie des Wasserfahrzeugs zum transversal am weitesten entfernten Punkt (siehe Bild 3) kann einen vernünftigen Ausgangspunkt ergeben.



Legende

- 1 Bereich, in dem Lastfall 3 (vertikaler Aufschlag) maßgeblich ist
- 2 Bereich, in dem Lastfall 1 maßgeblich ist

Bild 3 — Vereinfachtes Verfahren zur ersten Beurteilung der Wirkung einer vertikalen, seitlich versetzten Last

7.8.4 Weitere kombinierte Lastfälle

Da die Verantwortung für die Konstruktion vollständig beim Anwender liegt, z. B. beim Konstrukteur oder Schiffbauer, der die Verantwortung für die Konstruktion trägt, möchten einige Anwender möglicherweise die in diesem Dokument separat dargestellten Lastfälle kombinieren. Zum Beispiel ist es möglich, dass ein Wasserfahrzeug mit Kippkiel auf ein schwimmendes Objekt trifft, sodass Lastfälle 2 und 4 gleichzeitig eintreten. Solche Fälle liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments, da die kombinierten Lastfälle nicht mit den zulässigen Spannungen verwendet werden dürfen, die in Abschnitt 5 dargestellt sind.

8 Rechnerische Verfahren

8.1 Allgemeines

Dieses Dokument erkennt an, dass ein paar tragende Bauteile, die in dessen Anwendungsbereich fallen, am besten anhand von numerischen 3D-Verfahren analysiert werden können (z. B. Kastenkiele, Balken und Gitterrostkonstruktionen), wobei definierte Lastfälle und damit verbundene Spannungs-/Sicherheitsfaktoren verwendet werden. Die Spannungsbewertung ist dabei unter Berücksichtigung der Kriterien nach 8.2 dem Ermessen des Anwenders überlassen.

Um Anwender bei der Konstruktion herkömmlicher Kielstrukturen zu unterstützen, enthalten Anhang B bis Anhang F eine Reihe vereinfachter Verfahren zur Festigkeitsbewertung, die als bewährte Verfahren für herkömmliche Kielkonfigurationen gelten können.

8.2 Allgemeine Anleitung zur Bewertung durch numerische 3D-Verfahren

WICHTIG — Es ist ratsam, die nach diesem Abschnitt erhaltenen Dimensionierungen mit denen nach 8.3 zu vergleichen. Sollte dieses numerische 3D-Verfahren deutlich schwächere Dimensionie-

rungen als die Bewertung nach 8.3 ergeben, muss dafür vom Anwender, z. B. dem Konstrukteur, eine technische Erklärung zur Verfügung gestellt werden.

Es kann auch auf ISO 12215-5:2019, 11.6, verwiesen werden.

8.2.1 Numerische 3D-Verfahren

Der Begriff „numerische 3D-Verfahren“ umfasst alle konstruktiven Bewertungsverfahren, die nicht auf einfache Geometrie beschränkt sind. In den meisten Fällen entspricht der Begriff einer **Finite-Elemente-Methode**.

8.2.2 Werkstoffeigenschaften

Unabhängig vom numerischen Verfahren müssen die Entwurfsspannungen aller Werkstoffe nach den Angaben in Abschnitt 5 angenommen werden.

8.2.3 Grenzannahmen

Dieses Dokument legt keine Grenzannahmen fest. Bei der Analyse sollte der Anwender sicherstellen, dass sich das zu untersuchende kritische Gebiet in einem ausreichenden Abstand zu den Modellgrenzen befindet.

8.2.4 Lasteinleitung

Wo möglich, sollten Lasten als verteilte Lasten eingeleitet werden. Wo Kräfte oder Momente als konzentrierte Knotenlasten eingeleitet werden, müssen sie sich mit genügend Abstand zu dem zu untersuchenden kritischen Gebiet befinden.

8.2.5 Modellidealisierung

Zu den Modelltypen zählen Balken-, Platten- oder Würfelemente. Werden Balkenelemente angenommen, können wirksame Plattenmaße aus ISO 12215-5 oder aus veröffentlichten Wirkbreiten-Gleichungen entnommen werden. Für geschlossene Abschnitte, die erhebliche Torsionssteifigkeit aufweisen, sollte dieser Parameter unter Anwendung anerkannter Verfahren, wie beispielsweise der Bredtschen Formel, berechnet werden.

Bei Verwendung von auf Platten basierenden Modellen müssen genügend Elemente zwischen den Rahmen benutzt werden, um die lokalen Biegewirkungen abzubilden.

Wenn keine nicht lineare Analyse verwendet wird, sollten die Analytiker sicherstellen, dass Schäden durch Einbeulung ausgeschlossen sind. Dies kann gewöhnlich berücksichtigt werden, indem die erlaubten Schlankheitsgrade für Balken und Flansche nach ISO 12215-5 eingehalten werden.

Eine nicht lineare Analyse ist für eine genaue Analyse von geschraubten Konstruktionen unter Anwendung von Kontaktalgorithmen erforderlich.

8.3 Bewertung durch Werkstofffestigkeit/nicht-rechnerisch basierende Verfahren

Die Verfahren, die in Anhang C und Anhang D umrissen sind, enthalten einige gebräuchliche auf Balken/Platten-Theorie basierende Verfahren und andere vereinfachte Verfahren. Viele davon entstammen den in der Praxis üblichen Verfahren und haben sich langfristig bewährt. Allgemein gelten die Verfahren als konservativ. Die Verfahren eignen sich gut für ein- und zweidimensionale Strukturen aus isotropischen Werkstoffen.

9 Konformität

Die Konformität mit diesem Dokument kann geltend gemacht werden, wenn:

- a) der Anwender dokumentiert, dass die Anforderungen von Abschnitt 5 bis Abschnitt 7 und Anhang A erfüllt wurden, dass dieser Abschnitt 9 eingehalten wurde, einschließlich der untenstehenden Anmerkungen,

soweit zutreffend, sowie aller in Anhang B bis Anhang F dargestellten bewährten Verfahren, die relevant sind. Wenn jedoch einer von Anhang B bis Anhang F oder ein Teil davon nicht angewendet wurde, muss der Anwender das alternativ angewendete Bemessungsbewertungsverfahren nach Abschnitt 8 rechtfertigen und erklären, um diese Anforderungen zu erfüllen, und diese Angaben beim Ausfüllen von Anhang A festhalten. Diese Unterlagen dienen als Nachweis für den Anspruch;

oder

- b) der Anwender dokumentiert, dass die Anforderungen von Abschnitt 5 bis Abschnitt 7, Anhang A und Anhang B bis Anhang F (praxisbewährte Verfahren) erfüllt wurden und dass dieser Abschnitt 9 einschließlich der unten aufgeführten Hinweise, in *ihrer Gesamtheit* eingehalten wurde. Diese Unterlagen dienen als Nachweis für den Anspruch.
- Anhang A, eine Anwendungserklärung des Anwenders, aus der hervorgeht, wie dieses Dokument verwendet wurde, ist normativ. Sie muss ausgefüllt werden, um die Einhaltung der oben beschriebenen Fälle a) oder b) sicherzustellen;
 - Anhang B dient der Auswahl von Metallen und Werkstoffen für Verbindungselemente/Schrauben und enthält praxisbewährte Verfahren für das Anziehen von Verbindungselementen/Schrauben und geschweißte Kiele;
 - Anhang C enthält praxisbewährte Verfahren für die konstruktive Ausführung in Bezug auf Ballastkiele;
 - Anhang D enthält praxisbewährte Verfahren zur Berechnung der Festigkeit der Kielflosse (fest oder kippbar) und fest installierte Ballastkiele, die mit Verbindungselementen/Schrauben befestigt sind;
 - Anhang E enthält Informationen über die geometrischen Eigenschaften von typischen Formen von Anhängen (Trägheitsmoment, Widerstandsmoment usw.);
 - Anhang F enthält Informationen zur vereinfachten Bewertung der Dauerfestigkeit.

ANMERKUNG 1 Die in diesem Dokument festgelegten Anforderungen an die Dimensionierung der Bauteile entsprechen den Mindestanforderungen an die Festigkeit von Segelfahrzeugen, die sicher und verantwortungsbewusst unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen betrieben werden. Kein Segelfahrzeug kann so entworfen werden, dass es die extremsten Lastfälle, wie beispielsweise eine sehr schwere Grundberührung, Kollisionen oder extremen Seegang übersteht. Die Mindestanforderungen besagen, dass das Wasserfahrzeug in der Lage sein muss, schwere See und moderate Aufpralllasten zu bewältigen, während gleichzeitig die strukturellen Schäden minimiert werden. Die Anwender, z. B. Schiffbauer oder Konstrukteure, sollten nicht systematisch Mindestanforderungen anstreben, da die Variabilität bei Bau, Nutzung und Instandhaltung *de facto* zu einer Nichtkonformität führen würde. Erstmalige und fortlaufende planmäßige Zustandsbesichtigungen durch eine unabhängige, qualifizierte Organisation, insbesondere nach der Grundberührung, werden dringend empfohlen und sind im Folgenden näher beschrieben.

ANMERKUNG 2 Dimensionierungen, die sich aus diesem Dokument ergeben, sind in erster Linie für Freizeitwasserfahrzeuge einschließlich Charterboote gedacht. Wie in der Einleitung erwähnt, stellt ISO 12215-5:2019, Anhang J, zusätzliche Anforderungen für kommerzielle Boote und Arbeitsboote bereit, die auch auf Rennboote anwendbar sein können, wenn deren Einsatzbedingungen ein von einer unabhängigen qualifizierten Organisation erstelltes Wartungs- und Besichtigungsprogramm rechtfertigen.

ANMERKUNG 3 Wiederkehrende Inspektionen und Überprüfungen sind genauso wichtig wie die Inspektion und Überprüfung von Neubauten, da sie jegliche metallische Korrosion aufzeigen würden, die sich entwickelt hat, und zwar nicht nur im Hinblick auf den Schaden, sondern auch auf die Möglichkeit eines chemischen Abbaus der verwendeten Metalllegierungen. Gleichzeitig können Risse durch Ermüdung der Schweißnähte sichtbar werden.

Die Gestaltung der laufenden Inspektionsverfahren sollte von Fall zu Fall von einer entsprechend qualifizierten unabhängigen Organisation vorgenommen werden. Zum Beispiel können geeignete zerstörungsfreie Technologien (ZfT) vorgeschrieben werden. Bei einem gegossenen, gefrästen oder geschmiedeten Kiel kann eine Sichtprüfung mit Hilfe von Farbeindringverfahren ausreichend sein, sobald die Beschichtungen an den kri-

tischsten Stellen entfernt wurden. Ein geschweißter Kiel kann andere Verfahren wie Ultraschall oder Röntgen erfordern.

Die Häufigkeit der Wiederholungsinspektionen kann besser auf der Grundlage der zurückgelegten Entfernung als auf einer zeitlichen Grundlage wie z. B. alle drei Jahre festgelegt werden, wie von der unabhängigen Organisation, die das Inspektionssystem konzipiert und durchführt, bestimmt.

Anhang A (normativ)

Anwendungserklärung

Die folgende Erklärung muss vom Anwender (z. B. Konstrukteur oder Schiffbauer) ausgefüllt werden. Sie muss als Teil des Dimensionierungsberichts enthalten sein, damit Dritte sofort sehen können, in welchem Umfang der Anwender dieses Dokument angewendet hat.

Zutreffender Abschnitt/Anhang von ISO 12215-9		Angewendet		Anmerkungen
5	Entwurfsspannungen	Ja ☐	Nein ☐	„Nein“ bedeutet nicht konform mit diesen Abschnitten und daher mit ISO 12215-9.
6	Tragende, zu bewertende Bauteile	Ja ☐	Nein ☐	
7	Lastfälle	Ja ☐	Nein ☐	
8	Rechnerische Verfahren	Basierend auf Anhang B bis Anhang F	☐	Tragen Sie „[X]“ für die unten genannten Anhänge B bis Anhang F (grau unterlegt) ein.
		Alternative Verfahren	☐	Tragen Sie „[X]“ für keinen der unten genannten Anhänge B bis Anhang F (grau unterlegt) ein.
		Mischung aus Anhängen und Alternativverfahren	☐	Tragen Sie „[X]“ im Falle von ausgewählten Anhängen ein (grau unterlegt) und geben Sie hier die verwendeten Anhänge an: _____
9	Konformität beansprucht	Ja ☐	Nein ☐	„Nein“ bedeutet nicht konform mit ISO 12215-9.

Zutreffender Abschnitt/Anhang von ISO 12215-9		Angewendet	Anmerkungen
B	Information über Metalle für Anhänge und Verbindungselemente sowie praxisbewährte Verfahren für Befestigungen und Schweißungen	Verwendete Abschnitte: Alle ☐ Keine ☐ Ausgewählt ☐	Wird für alle Anhänge „ Alle “ [X] angekreuzt, sind keine weiteren Angaben erforderlich. Wird für alle Anhänge „ Keine “ [X] angekreuzt, ist eine ausführliche Beschreibung der Alternativverfahren einschließlich Hintergrund und Validierung erforderlich. Wird „ Ausgewählte “ [X] angekreuzt, ist eine umfassende Beschreibung der Alternativverfahren einschließlich Hintergrund und Validierung erforderlich, die NICHT von den verwendeten Abschnitten in Anhang B bis Anhang F abgedeckt sind. ANMERKUNG In diesem Zusammenhang ist mit „Beschreibung erforderlich“ eine technische Dokumentation gemeint, die einer Anwendung dieser Norm entspricht, beispielsweise von einer benannten Prüfstelle oder die Vorlage einer Planüberprüfung. Geben Sie bei Bedarf Einzelheiten auf weiteren Seiten an.
C	Praxisbewährte konstruktive Anordnungen für Ballastkiele	Verwendete Abschnitte: Alle ☐ Keine ☐ Ausgewählt ☐	
D	Bewährte Verfahren zur Berechnung der Festigkeit von Kielflossen (Fest- oder Kippkiele) und angeschraubter Ballastkiele	Verwendete Abschnitte: Alle ☐ Keine ☐ Ausgewählt ☐	
E	Geometrische Eigenschaften von einigen typischen Tragflügelprofilen von Anhangprofilen	Verwendete Abschnitte: Alle ☐ Keine ☐ Ausgewählt ☐	
F	Vereinfachte Dauerfestigkeitsbewertung (Erforderlich für geschweißte Kiele)	Verwendete Abschnitte: Alle ☐ Keine ☐ Ausgewählt ☐	Wenn „ Keine “ [X] gewählt wird, ist eine technische Rechtfertigung für das Fehlen einer expliziten Dauerfestigkeitsüberprüfung erforderlich. Eine ausführliche Beschreibung der Alternativverfahren einschließlich Hintergrund und Validierung ist erforderlich.

Anhang B (informativ)

Information über Metalle für Anhänge und Verbindungselemente sowie praxisbewährte Verfahren für Befestigungen und Schweißungen

B.1 Typische Metalleigenschaften

B.1.1 Allgemeines

Außer für ausscheidungshärtende Edelstähle dürfen die Werte aus Tabelle B.1 und Tabelle B.2 nur für den angegebenen Zustand als Standardwerte betrachtet werden, es sei denn, sie wurden aus Prüfungen erhalten und/oder sie sind vom Metallhersteller oder -lieferanten garantierte Werte.

Falls vom Metallhersteller/Lieferanten angegeben oder aus Prüfungen abgeleitet, müssen die Werte von σ_u und σ_y , die in Tabelle 2 und dem Rest dieses Dokuments verwendet werden, entweder 90 % des mittleren jeweiligen Prüfwertes oder des mittleren Wertes abzüglich zwei Standardabweichungen betragen, je nachdem, welcher Wert kleiner ist. Die vom Hersteller/Lieferanten angegebenen Werte der Werkstoffeigenschaften dürfen nur den aktuellen Angaben des Herstellers oder des Lieferanten für das jeweilige Los entnommen werden. Dies gilt insbesondere für ausscheidungshärtende Edelstähle und Metalle, die in Tabelle B.1 bis Tabelle B.3 nicht aufgelistet sind.

Da die Streckgrenze und die Bruchfestigkeit bei bearbeiteten Bauteilen, insbesondere bei AISI 304 oder AISI 316³, stark variieren können, werden Prüfungen zur Bestimmung der Eigenschaften solcher Bauteile empfohlen.

Eine Gegenüberstellung der unterschiedlichen Normbezeichnungen für nichtrostende Stähle ist in Tabelle B.3 enthalten.

WICHTIG — Die mechanischen Eigenschaften handelsüblicher Stahl-Verbindungselemente müssen Tabelle B.4 bis Tabelle B.7 und nicht Tabelle B.1 entnommen werden.

B.1.2 Hochfeste legierte Stähle

Hochfeste legierte Stähle (wie Strenx/Weldox®⁴) sind in EN 10025-6 beschrieben. Es werden jedoch nicht alle in dieser Europäischen Norm klassifizierten Stähle für Schweißungen empfohlen.

Für die Dauerfestigkeit von Schweißverbindungen dürfen die IIW⁵-Veröffentlichungen, wie beispielsweise die IIW-Veröffentlichung doc. XIII-1965-03/XV-1127-03 herangezogen werden, die bei der Erstellung von Anhang F hilfreich sind.

3 American Iron and Steel Institute (AISI) steel grades.

4 Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung der genannten Produkte durch ISO.

5 International Institute of Welding.

Tabelle B.1 — Werte von σ_{LIM} , τ_{LIM} , σ_{LIMb} , σ_{LIMw} für typische Metalle

Werkstoff	Chemische Zusammensetzung	σ_u^a	σ_y^a	σ_{uw} geschweißt	σ_{yw}	σ_{LIM}^a	σ_{LIM}^b WEZ	τ_{LIM}^a	σ_{LIM}^b auflagernd	ϵ_R ca. %
Nichtrostende Stähle										
AISI 304	X5CrNi18.9	500	195	500	195	195	195	113	351	45
AISI 316, 316 L	X5CrNiMo17.2.2	500	195	500	195	195	195	113	351	40
AISI 329 nicht kaltverformt	X3CrNiMoN27-5-2	650	500	650	500	325	325	189	585	15
AISI F51, DX45, 2205,Uranus ^c	X2CrNiNoN22-5-3	620	450	620	450	310	310	180	558	40
Unlegierte Stähle										
E24/A		400	235	400	235	200	200	116	360	15-26
E32 – AH 32		470	315	470	315	235	235	136	423	14-24
E36 – AH 36		490	355	490	355	245	245	142	441	12-22
Legierte Stähle										
EN 10025-6 S 690, Weldox 700	C0,2Si0,6Mn1,6	930	700	830 ^c	560 ^c	465	415	270	837	14
EN 10025-6 S 890, Weldox 900	C0,2Si0,5Mn1,6	1 100	900	990 ^c	810 ^c	550	495	319	990	12
EN 10025-6 S 960, Weldox 960	C0,2Si0,6Mn1,6	1 150	960	1 035 ^c	864 ^c	575	518	334	1 035	12-16
Weldox 1100	C0,2Si0,6Mn1,9	1 550	1 100	1 290 ^c	990 ^c	775	645	450	1 395	8-10
Aluminiumlegierungen Serie 5000										
5086 0/H111	AlMg4	240	100	240	100	100	100	58	180	16
5086 H32	AlMg5	275	185	240	100	138	100	80	248	10
5083 0/H111	AlMg4,5Mn07	275	125	270	125	125	125	73	225	15
5083 H32	AlMg4,5Mn07	305	215	270	125	153	125	88	275	9
5059 Alustar 0/H111	AlMg5-6	330	160	300	160	160	150	93	288	24

Tabelle B.1 (fortgesetzt)

Werkstoff	Chemische Zusammensetzung	σ_u^a	σ_y^a	σ_{uw}	σ_{yw}	σ_{LIM}^a	σ_{LIM}^b	τ_{LIM}^a	σ_{LIM}^b	ε_R
		N/mm ²								
				geschweißt		WEZ		auflagernd		ca. %
5059 Alustar H32	AlMg5-6	370	270	300	160	185	150	107	333	10
Aluminiumlegierungen Serie 6000										
6005 A T6	AlSiMg(A)	260	215	165	115	130	83	75	234	8
6061 T6	AlMg1SiCu	260	240	165	115	130	83	75	234	10
6082 T6	AlMg1SiMn	310	260	170	115	155	85	90	279	10
Titanlegierung										
UTA 6V		900	820			450		261	810	10
Kupferlegierungen										
Bronze-Mangan		510	245			245		142	441	> 7
Bronze-Ni-Al		740	390			370		215	666	> 7
Monel 400		550	350			275		160	495	> 7
Monel 500		960	690			480		278	864	> 7
Blei-Antimon-Legierungen										
Reines Blei		18				9		5	16	> 7
Blei mit 1 % Antimon		20				10		6	18	> 7
Blei 96 % mit 4 % Antimon (Hartblei)		80				40		23	72	> 7
Für Metalle mit $\varepsilon_R > 7\%$: $\sigma_{LIM} = \min. (0,5\sigma_u; \sigma_y)$ $\tau_d = 0,58\sigma_{LIM}$ $\sigma_{LIMb} = 1,8\sigma_d$										
^a Eigenschaften in ungeschweißtem Zustand. ^b Eigenschaften in der Wärmeeinflusszone (WEZ) in geschweißtem Zustand. ^c Muss in der Regel unter Schutzgas (Argon) geschweißt werden, wobei jedoch die Empfehlungen des Herstellers des Werkstoffs Vorrang haben.										

Tabelle B.2 — Werte von σ_{LIM} , τ_{LIM} , σ_{LIMb} , σ_{LIMw} für Stahlguss

Werkstoff		σ_u	σ_y	ε_R	K_{MAT}^a	σ_{LIM}^b	τ_{LIM}^b	σ_{LIM}^b	K_{LC}	σ_d
EN	ASTM			Bruch				auflagernd	Lastfall 1 Kiel	
Bezeichnung	Bezeichnung	N/mm ²	N/mm ²	%	*	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²		
Stahlguss mit Lamellengraphit										
EN-GJL-150	—	150	100	1	0,375	75	44	135	0,8	22,5
EN-GJL-200	—	200	130	1	0,375	100	58	180	0,8	30,0
Stahlguss mit Kugelgraphit										
EN-GJS-350-22	A 536 60-40-18	350	220	22	0,750	175	102	315	0,8	105
EN-GJS-400-18	A 536 60-40-18	400	240	18	0,750	200	116	360	0,8	120
EN-GJS-450-15	A 536 65-45-12	450	310	15	0,750	225	131	405	0,8	135
EN-GJS-500-7	A 536 80-55-06	500	320	7	0,750	250	145	450	0,8	150
EN-GJS-600-3	ASTM 100-70-03	600	370	3	0,500	300	174	540	0,8	120
^a $K_{MAT} = \min. (0,0625 \varepsilon_R + 0,3125; 0,75)$, wobei ε_R die Bruchdehnung in Prozent ist. ^b $\sigma_{LIM} = \min. (0,5\sigma_u; \sigma_y)$; $\tau_d = 0,58 \sigma_{LIM}$; $\sigma_{db} = 1,8 \sigma_{LIM}$										

Tabelle B.3 — Gegenüberstellung von Normbezeichnungen nichtrostender Stähle

Nichtrostender Stahl Handelsname, Marke	Chemische Zusammensetzung	AISI	EN 10088-3	ISO 16143-2
AISI 304, 304L	CrNi18.9	304 L	1.4307	1
AISI 316, 316 L	CrNiMo17- 12-2-17-12-3	316 L	1.4404-1.4432	21-22
AISI 329 nicht kaltverformt	CrNiMoN27-5-2	329	1.4460	55
AISI 329 kaltverformt	CrNiMoN27-5-2	329	1.4460	55
17-4 PH, F16 PH	CrNiCuNb16-4	630	1.4545	101
AISI F51, DX45, Uranus, SAF2205	CrNiMoN22-5-3	UNS 31803	1.4462	52
ANMERKUNG AISI 316 ist weltweit verbreitet genutzt, besonders in den USA, EN 10088-3 ist weit verbreitet in der EU benutzt.				

B.2 Mechanische Eigenschaften typischer Schrauben

B.2.1 Allgemeines

Schrauben dürfen aus jedem geeigneten Metall gefertigt sein, wie beispielsweise unlegierte Stähle und nichtrostende Stähle, oder Nichteisenmetalle, zum Beispiel Monel 400 usw. Hauptsächlich werden Schrauben aus nichtrostendem oder unlegiertem Stahl in diesem Abschnitt berücksichtigt, weil sie zu den meistverwendeten Werkstoffen zählen.

Die Schrauben und Gewindestangen, die in Tabelle B.5 und Tabelle B.6 genannt sind, sind gewöhnlich nicht spanend bearbeitet, sondern gerollt und häufig kaltverformt und/oder wärmebehandelt. Ihre mechanischen Eigenschaften können deshalb höher als gleichartige Teile sein, die aus spanend bearbeiteten Stangen hergestellt sind.

Werden nicht-industriell spanend hergestellte Gewindestangen, Schrauben oder Bolzen verwendet, kann es im Herstellungsprozess zu Spannungskonzentrationen kommen. Der Anwender muss einen schriftlichen Nachweis oder Prüfergebnisse über die mechanischen Eigenschaften im bearbeiteten Zustand verlangen. Diese Eigenschaften müssen verwendet werden und nicht die aus Tabelle B.5 oder Tabelle B.6.

Einzelheiten zur Wahl der Verbindungselemente und empfohlene Anzugsmomente sind in Abschnitt B.3 und Abschnitt B.4 angegeben.

B.2.2 Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl

Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl sind nach ISO 3506-1 in die in Tabelle B.4 angegebenen vier Hauptklassen eingeteilt.

Tabelle B.4 — Klassifizierung von Verbindungselementen aus nichtrostendem Stahl nach ISO 3506-1

ISO-Bezeichnung	AISI	Textur
A1	302	austenitisch
A2	304	austenitisch
A4	316	austenitisch
C1 bis C4	400 Serie	martensitisch

Bei Stahlsorten mit niedrigem Kohlenstoffgehalt ist hinter der ISO-Bezeichnung der Buchstabe L hinzugefügt.

Tabelle B.5 — Mechanische Eigenschaften von Schrauben und Bolzen aus nichtrostendem Stahl nach ISO 3506-1

Normalspannung N/mm ²	Eigenschaftsklasse nach ISO 3506-1		
	50	70	80
σ_u	500	700	800
σ_y	210	450	600
σ_{LIM}	210	350	400

B.2.3 Verbindungselemente aus Stahl

Stahl-Schrauben (roh oder verzinkt) sind in ISO 898-1 in verschiedene Klassen eingeteilt. Tabelle B.6 gibt die mechanischen Werte von einigen typischen Klassen an.

Tabelle B.6 — Mechanische Eigenschaften von Stahlschrauben und Bolzen

Normalspannung N/mm ²	Eigenschaftsklasse nach ISO 898-1						
	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9	12.9
σ_u	400	500	500	600	800	1 000	1 200
σ_y	320	300	400	480	640	900	1 080
σ_{LIM}	200	250	250	300	400	500	600

B.3 Entwurfsspannungen für typische Metalle für Verbindungselemente

Tabelle B.7 enthält die Entwurfsspannungen, die anhand Gleichung (1) und Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle B.2, Tabelle B.5 und Tabelle B.6 für mehrere Klassen von Schrauben aus nichtrostendem Stahl und Stahlschrauben vorausberechnet wurden. Sie gibt ebenfalls das Verhältnis σ_d/σ_y , das bei der Anwendung von B.5.3 für die Bestimmung der Schraubenvorspannung nützlich sein könnte.

Tabelle B.7 — Vorausberechnete Entwurfsspannung und Verhältnis σ_d/σ_y für typische Kielbefestigungswerkstoffe

Schraubenwerkstoff	ISO-Klasse	σ_u	σ_y	σ_{LIM}	k_{MAT}	Kielverschraubungen in Lastfall 1			Kielverschraubungen in Lastfall 4		
						k_{LC}	σ_d	σ_d/σ_y	k_{LC}	σ_d	σ_d/σ_y
Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl	50	500	210	210	0,75	0,67	106	0,50	1	158	0,75
	70	700	450	350	0,75	0,67	176	0,39	1	263	0,58
	80	800	600	400	0,75	0,67	201	0,34	1	300	0,50

Tabelle B.7 (fortgesetzt)

Schraubenwerkstoff	ISO-Klasse	σ_u	σ_y	σ_{LIM}	k_{MAT}	Kielverschraubungen in Lastfall 1			Kielverschraubungen in Lastfall 4		
						k_{LC}	σ_d	σ_d/σ_y	k_{LC}	σ_d	σ_d/σ_y
Nichtrostender Stahl F16 PH	—	1 000	720	500	0,75	0,67	251	0,35	1	375	0,52
Verbindungselemente aus Stahl	6.8	600	480	300	0,75	0,67	151	0,31	1	225	0,47
	8.8	800	640	400	0,75	0,67	201	0,31	1	300	0,47
	10.9	1 000	900	500	0,75	0,67	251	0,28	1	375	0,42
	12.9	1 200	1 080	600	0,75	0,67	302	0,28	1	450	0,42

B.4 Wahl des Schraubenwerkstoffs

B.4.1 Widerstandsfähigkeit von Schraubenwerkstoffen gegen chemische Korrosion

Legierungen, die Zink enthalten, dürfen nicht verwendet werden.

Alle auf Kupfer basierenden Legierungen in Tabelle B.1 dürfen verwendet werden.

VORSICHT — einige nichtrostende Stähle können korrodieren.

Verbindungselemente aus Stählen, die in Tabelle B.4 unter A2 (AISI 304) aufgeführt sind, gelten nicht als ausreichend beständig gegen chemische Korrosion und werden nicht empfohlen.

Verbindungselemente aus Stählen, die in Tabelle B.4 unter A4 (AISI 316) angegeben sind, werden gegenüber A2 (AISI 304) bevorzugt, könnten jedoch in einem nicht oxidierenden Medium korrodieren. Auf Holzbooten muss dies beachtet werden, wenn sie an Orten angebracht werden, an denen sie von sauerstoffarmem Wasser bedeckt sind.

Verbindungselemente aus Stählen, die in Tabelle B.4 unter C1 bis C4 (martensitische nichtrostende Stähle) aufgelistet sind, können nach Wärmebehandlung sehr gute mechanische Eigenschaften haben, sind aber anfällig für Spannungsrissskorrosion.

B.4.2 Vermeidung von elektrolytischer und galvanischer Korrosion

Elektrolytische und galvanische Korrosion muss vermieden werden. AC- und DC-Komponenten sollten geerdet werden.

Auf Aluminiumbooten müssen Verbindungselemente, die nicht aus Aluminium bestehen, vom übrigen Bootskörper, zum Beispiel durch Isolierbuchsen und -scheiben, elektrisch isoliert sein.

B.5 Verschraubung und Vorspannung

B.5.1 Allgemeines

Schrauben und Muttern müssen angezogen werden, um eine Vorlast sicherzustellen. Dies erfüllt drei Hauptzwecke:

- a) um Ermüdung zu verringern;

- b) um die Klemmreibung zwischen den Oberflächen sicherzustellen und zu verhindern, dass sich unter Belastung ein Spalt zwischen dem Kiel, der starren Fugenmasse, den Unterlegplatten usw. öffnet. Relaxation und Einbettung nach dem Anziehen treten bei Spannungen auf, die unter der Streckgrenze des Werkstoffs liegen, was zu einem Verlust der Vorspannung des Verbindungselements führt -siehe Literaturhinweis [8];
- c) um zu verhindern, dass sich die Muttern lösen. Das Lösen der Muttern muss durch geeignete Maßnahmen verhindert werden.

Die Muttern dürfen jedoch nicht zu fest angezogen werden, um ein Überdrehen des Gewindes der Mutter/des Verbindungselements oder eine übermäßige Belastung des Rumpfbodens oder anderer Elemente zu vermeiden.

Unterlegscheiben zwischen Schraubenkopf oder Mutter und Verstärkungsplatte sind erforderlich, um die Reibung während des Anziehens zu reduzieren. Wenn Muttern zur Überprüfung entfernt werden, wird ein Austausch der Unterlegscheiben empfohlen, und der Austausch der Mutter sollte in Erwägung gezogen werden, da sich allgemein die Vorspannung bei jedem Wiedereinsatz der Mutter verringert. Werden andere Metalle als Stahl für die Schrauben verwendet, wird empfohlen, Unterlegscheiben und Verstärkungsplatten aus den gleichen Metallen (beispielsweise Nickel-Aluminium-Schrauben) zu benutzen, siehe auch Tabelle D.2.

B.5.2 Vorspannkraft

Die Bestimmung der Vorspannkraft hängt von mehreren Parametern ab, wie z. B. der Betriebslast, dem Werkstoff von Schraube und Mutter, dem Reibungskoeffizienten, der Schmierung und der jeweiligen Steifigkeit der Schraube und aller geklemmten Elemente. Literaturhinweis [8] und Literaturhinweis [9] enthalten sehr detaillierte Festlegungen, sowohl zur Vorspannung als auch zum Anzugsdrehmoment.

Tabelle B.8 enthält Richtwerte für die Vorspannung F_{Pr} (kN) und das Anziehdrehmoment T_0 (Nm) für Schraubendurchmesser in mm.

Die Gleichung $T_0 = K_{nut} \times F_{Pr} \times d$ stellt das Drehmoment T_0 in N·m aus der Vorspannkraft F_{Pr} in kN und d in mm dar.

Dabei ist

$F_{Pr} = 0,70 \times \sigma_y \times S_{neck}$, wobei S_{neck} die Querschnittsfläche der Schraube am Gewindegrund ist.

Für Schraubengrößen, die nicht in Tabelle B.8 aufgeführt sind, muss die obige Gleichung verwendet werden, um die Vorspannung bei 70 % Streckgrenze und das entsprechende Drehmoment zu ermitteln.

Die in Tabelle B.8 angegebenen Werte entsprechen einer Vorspannung der Schrauben bei 70 % Streckung mit einer Unterlegscheibe zwischen Mutter und Verstärkungsplatte. Dabei gelten die Werte von K_{nut} 0,22 bzw. 0,15 für ungefettete/gefettete Gewinde. Diese Werte basieren auf Prüfungen, die mit Glasfaserlaminat in der Prüfvorrichtung durchgeführt wurden, und gelten daher für FVK-Boote. Ohne Unterlegscheiben würde K_{nut} auf jeweils 0,31 beziehungsweise 0,21 für ungeschmierte/geschmierte Schrauben steigen.

Für Boote mit metallinem Rumpf sollte sich der Wert von K_{nut} mit Unterlegscheiben den häufig in Publikationen dokumentierten Werten von 0,20 bzw. 0,12 für ungeschmierte/geschmierte Schrauben annähern.

B.5.1 a) betont die Tatsache, dass die Vorspannung höher sein sollte als die Spannung im Betrieb. Tabelle B.7 und Tabelle B.8 zeigen, dass unter Lastfall 1 — dem am häufigsten vorkommendem Fall — die Entwurfs-spannung von typischen Schraubenwerkstoffen 28 % bis 50 % der Streckung beträgt. Die 70 % in Tabelle B.8 berücksichtigen auch B.5.1 b), die Spaltöffnung, Relaxation und Einbettung, und c), die Reibung der Mutter. In der einschlägigen Literatur wird ein Anzug zwischen 70 % bis 90 % von σ_y empfohlen.

Tabelle B.8 — Beispielswerte für Vorspannung F_{Pr} (kN) und Anzugsdrehmoment T_o (N · m) für ISO-M-Verbindungselemente, gültig mit Reibungsscheibe

ISO-Nenndurchmesser (mm), Regelsteigung																	
ISO-M-Verbindungselemente				M 10		M 12		M 16		M 20		M 24		M 30		M 36	
d		mm		10		12		16		20		24		30		36	
P		mm		1,5		1,75		2,0		2,5		3,0		3,5		4,0	
d_{neck}		mm		8,2		9,9		13,5		16,9		20,3		25,7		31,1	
S_{neck}		mm ²		52,3		76,2		144,1		225,2		324,3		519,0		759,3	
σ/σ_y		[-]		0,70		0,70		0,70		0,70		0,70		0,70		0,70	
Schrauben aus nichtrostenden Stählen																	
ISO-M-Verbindungselemente				M 10		M 12		M 16		M 20		M 24		M 30		M 36	
Verfahren mit K_{nut} -Faktor				F_{Pr}	T_o	F_{Pr}	T_o	F_{Pr}	T_o	F_{Pr}	T_o	F_{Pr}	T_o	F_{Pr}	T_o	F_{Pr}	T_o
Werkstoff	σ_y	Zustand	K_{nut}	kN	N·m	kN	N·m	kN	N·m	kN	N·m	kN	N·m	kN	N·m	kN	N·m
SS 50	210	keine Schmierung	0,22	7,7	16,9	11,2	29,6	21,2	75	33,1	146	48	252	76	504	112	884
SS 50	210	geschmiert	0,15	7,7	11,5	11,2	20,2	21,2	51	33,1	99	48	172	76	343	112	603
SS 70	450	keine Schmierung	0,22	16,5	36,2	24,0	63,4	45,4	160	70,9	312	102	539	163	1 079	239	1 894
SS 70	450	geschmiert	0,15	16,5	24,7	24,0	43,2	45,4	109	70,9	213	102	368	163	736	239	1 292
SS 80	600	keine Schmierung	0,22	22,0	48,3	32,0	84,5	60,5	213	94,6	416	136	719	218	1 439	319	2 526
SS 80	600	geschmiert	0,15	22,0	32,9	32,0	57,6	60,5	145	94,6	284	136	490	218	981	319	1 722
Schrauben aus Karbonstahl																	
ISO-M-Verbindungselemente				M 10		M 12		M 16		M 20		M 24		M 30		M 36	
5.8	400	keine Schmierung	0,22	14,6	32,2	21,3	56,4	40,4	142	63	277	91	479	145	959	213	1 684
5.8	400	geschmiert	0,15	14,6	22,0	21,3	38,4	40,4	97	63	189	91	327	145	654	213	1 148
8.8	640	keine Schmierung	0,22	23,4	51,5	34,2	90,2	64,6	227	101	444	145	767	233	1 535	340	2 694

Tabelle B.8 (fortgesetzt)

8.8	640	geschmiert	0,15	23,4	35,1	34,2	61,5	64,6	155	101	303	145	523	233	1 046	340	1 837
10.9	900	keine Schmierung	0,22	32,9	72,5	48,0	126,8	90,8	320	142	624	204	1 079	327	2 158	478	3 789
10.9	900	geschmiert	0,15	32,9	49,4	48,0	86,5	90,8	218	142	426	204	735	327	1 471	478	2 583
12.9	1 080	keine Schmierung	0,22	39,5	87,0	57,6	152,2	109,0	384	170	749	245	1 294	392	2 590	574	4 546
12.9	1 080	geschmiert	0,15	39,5	59,3	57,6	103,8	109,0	261	170	511	245	883	392	1 766	574	3 100

B.5.3 Empfehlungen auf der Basis bewährter Verfahren zum Einbau von geschraubten Kielen und zum Anzug der Schrauben

Beim Einbau des Kiels werden die Muttern festgezogen und das endgültige Anziehen mit einem Drehmoment-schlüssel überprüft.

Weiche Fugenmassen sollten nicht zwischen dem Kiel und den Rumpfoberflächen verwendet werden, da sie gegen die Aufrechterhaltung der Vorspannung der Kielbefestigung resistent sind.

Bei wiederholter Montage sollte der gleiche Verfahrensablauf eingehalten werden, wobei Schrauben oder Muttern nach Bedarf ersetzt oder angepasst werden. Zwischen den Verstärkungsplatten und den Muttern sollten Reibscheiben angebracht werden (siehe Tabelle D.2).

Die Muttern sollten gegen Aufdrehen und Lösen gesichert sein. Siehe B.5.1 c).

B.6 Bewährte Verfahren für Schweißungen an aus Metall hergestellten Kielen

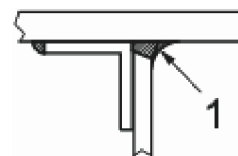
Die Herstellung eines gebauten Kiels oder von anderen Bauteilen mit eingeschränkter Zugänglichkeit erfordert möglicherweise die Anwendung von Schlitz- und Nietschweißung.

ANMERKUNG Eine *Schlitzschweißung* ist ein Schlitz, der von einer Naht umrahmt ist, eine *Nietschweißung* ist ein Schlitz, der vollständig mit Schweißzusatzwerkstoff ausgefüllt ist.

Fälle von Versagen nach Ermüdungsbeanspruchung legen nahe, in Erwägung zu ziehen, die Schlitz- oder Nietschweißung durch eine durchgeschweißte Naht (d. h. durch einen über die gesamte Länge durchgeschweißten Plattenstoß, der über eine angeflanschte Verstärkung gelegt ist, siehe Bild B.1) zu ersetzen oder die vorgesehene Anordnung durch Berechnung und Prüfung zu beurteilen (siehe Anhang F), mit dem Ziel, Schweißnähte in hochbelasteten Bereichen wie der Kielwurzel zu vermeiden. Dies ist besonders an der Kielwurzel wichtig, wo die Spannungen in der Regel am höchsten sind, und in der Nähe von anderen Bauteilen wie beispielsweise der Kippkielachse (sofern vorhanden). Schlitzschweißungen sind generell Nietschweißungen vorzuziehen, wobei letztere an hoch belasteten Stellen **nicht** zu verwenden sind. Für die kritischsten Schweißnähte an Kielen wird die Verwendung von Verstärkungsplatten und das Abschießen der Schweißnaht durch Schleifen oder Polieren empfohlen, um die Ermüdung zu verringern. Noch besser ist es jedoch, die Struktur so umzugestalten, dass sich keine Schweißnähte an Stellen mit hoher Belastung befinden (siehe Tabelle F.2).



a) Querlaufende Stumpfnah auf Stützstreifen



b) Flanschverbindung mit Winkelprofil als Stützstreifen

Legende

1 eine oder mehrere Schweißnähte, geschliffen, um eine gleichmäßige Kehlnaht zu formen

Bild B.1 — Beispiele für empfohlene einseitige Schweißung

Die Anforderungen an die Schweißqualität liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Anhangs, aber die Qualität der Schweißnähte eines vorgefertigten Kiels sollte während der Fertigung durch eine unabhängige qualifizierte Organisation überwacht werden. Für Schweißnähte an Stahlkielen ist ISO 5817 eine anzuwendende Internationale Norm. Sie definiert mehrere Bewertungsgruppen von B, streng; C, mittel und D, moderat. Die Qualitätsunterschiede zwischen C und B liegen hauptsächlich im Ausmaß und der Größe der Porosität und anderer kleinerer Unregelmäßigkeiten. Risse in der Oberfläche, Wurzelbindungsfehler oder ungenügender Einbrand sind nicht erlaubt.

Bewertungsgruppe C ist die empfohlene Mindestanforderungsstufe. Für kritische Schweißverbindungen — beispielsweise an der Wurzel von Kielen von Segelfahrzeugen — muss die Bewertungsgruppe B verwendet werden. Es müssen spezielle zerstörungsfreie Prüfungen wie Röntgen-, Ultraschall- oder magnetinduktive Verfahren eingesetzt werden.

Anhang C (informativ)

Bewährte Verfahren für die bauliche Ausführung für Ballastkiele

C.1 Bodenwrangen und Längsträger

C.1.1 Allgemeines

Wenn nicht anders angegeben, werden querverlaufende tragende Bauteile im Rest dieses Dokuments *Bodenwrangen* genannt, auch wenn es sich hierbei um Schotte, Teilschotte, tiefe Böden usw. handelt. Ein Träger ist ein beliebiges Strukturelement in Längsrichtung und kann eine herkömmliche Versteifung, eine Koje oder ein ähnliches Teilschott sein.

C.1.2 Länge der Bodenwrange(n), L_F

Die Länge der Bodenwrange L_F in m ist die Quirlänge der Bodenwrange, welche der Abstand zwischen Punkten ist, an dem vertikale Lasten auf den Bootskörper übertragen werden. Die Bodenwrangelänge darf alternativ angenommen werden als:

- L_{F1} , wie in Bild C.1 a) zwischen den Punkten, wo der waagerechte Teil der Bodenwrange auf den Spant (oder seine Verlängerung, wenn ein Rundungsradius besteht) trifft; dies ist vielleicht optimistisch, wenn der Spant durchlaufend befestigt ist, aber richtig für einfach gestützte oder halbbefestigte Spanten;
- L_{F2} , wie in Bild C.1 a) zwischen den Punkten, wo die Beplattung einen Winkel größer als 20° bis 30° zur Horizontalen erreicht, wobei dies konservativ sein könnte, wenn der Spant als durchlaufend befestigt gilt;
- L_F zwischen starken Längssteifen (beispielsweise Längsträger, Kojenstützen usw.), wie in Bild C.1 b) dargestellt, und wenn die Bodenwrange die noch nicht in die Rumpfkonstruktion abgeleitete vertikale Last in diese ableiten kann. In diesem Fall können die Bodenwrangen mit [Fußnote a, auf der rechten Seite von Bild C.1 b)] oder ohne [linke Seite von Bild C.1 b)] ein Knie (Knotenblech) enden;
- L_F , zwischen den Enden einer einfach auslaufenden Bodenwrange, wie in Bild C.1 c) dargestellt. Es ist jedoch wichtig, dass eine Scherübertragung an die Rumpfseite erreicht wird, und der Bodenwrangeauslauf sollte nicht so abschließen, dass eine vernachlässigbare Bodenwrangendruckfläche in Verbindung mit einer fast waagerechten Rumpfseite, wie in Bild C.1 c) dargestellt, entsteht. In Bild C.1 d) erlaubt der Winkel der Beplattung nicht dünn auslaufende Enden und eine gute Übertragung der senkrechten Last.

Es gibt einen Interpretationsspielraum für den Begriff der Bodenwrangelänge. ISO 12215-5:2019, Anhang A, und ISO 12215-6 können ebenfalls zur Bestimmung von L_F verwendet werden, ISO 12215-6:2008, 6.4.3 („eierkartonartiger Trägerrost“), ist für Kielträgerroste jedoch nicht geeignet und sollte nicht verwendet werden. Es wird eine Lastverteilungsrost-Analyse empfohlen.

C.1.3 Einspannungsbedingungen

Einspannungsbedingungen dürfen als

- einfach eingespannt (kein Biegemoment an den Enden) oder
- vollständig eingespannt (keine Schrägung an jedem Ende) angenommen werden.

Hilfestellung ist in Bild C.1 gezeigt. Wenn die Art der Einspannung unbekannt ist, sollten beide Fälle analysiert und der ungünstigere Fall angewendet werden.