

DIN 18088-3

ICS 27.180

Einsprüche bis 2018-01-10

Entwurf

Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 3: Stahlbauten

Structures for wind turbines and platforms –
Part 3: Steel structures

Structures de aérogénérateurs et de plates-formes –
Partie 3: Structures en acier

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-11-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm 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 nabau@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 den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 40 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	8
5 Grundlagen der Tragwerksplanung	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Einwirkungen, Umgebungseinflüsse und Nutzungsdauer.....	8
5.3 Dauerhaftigkeit	8
5.3.1 Ergänzende Regelungen für den Offshorebereich.....	9
5.4 Festlegung und Dokumentation der Ausführungsklassen	9
6 Werkstoffe.....	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Baustahl	10
6.2.1 Allgemeines	10
6.2.2 Regelungen für den Offshorebereich	10
6.2.3 Zusätzliche Anforderungen bei dreiaxialen Spannungszuständen in Bauteilen für den Offshorebereich.....	10
6.3 Bruchzähigkeit und Reckalterungsempfindlichkeit	11
6.3.1 Allgemein.....	11
6.3.2 Regelungen für Tragstrukturen für Windenergieanlagen für den On- und Offshorebereich.....	12
6.3.3 Regelungen für Tragstrukturen für Offshore-Plattformen	12
6.3.4 Stahlgütewahl für den Offshorebereich	12
6.3.5 Ringflansche	13
6.4 Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Eigenschaften in Dickenrichtung.....	14
6.4.1 Allgemeines	14
6.4.2 Ringflanschverbindungen	14
6.4.3 Türzargen	15
6.5 Verbindungsmittel	16
6.5.1 Schrauben und Bolzen	16
7 Tragwerksberechnung	16
7.1 Allgemeines	16
7.2 Modelle, vereinfachte Ansätze.....	17
7.2.1 Ringflanschverbindungen	17
7.2.2 Turmschale	17
8 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	17
8.1 Allgemeines	17
8.2 Schraubenverbindungen	17
8.3 Stabilitätsnachweise.....	18
8.3.1 Allgemein.....	18
8.3.2 Spannungsbasierter Beulnachweis.....	19
8.3.3 Numerischer Beulnachweis.....	19
8.3.4 Beulnachweise im Bereich von Türöffnungen.....	19

8.3.5	Pfahlfußbeulen (Pile tip buckling).....	21
9	Grenzzustände der Ermüdung.....	22
9.1	Allgemeines	22
9.1.1	Verwendung von Nennspannungen.....	23
9.1.2	Verwendung von Strukturspannungen	23
9.1.3	Querlaufende Stumpfnähte.....	23
9.1.4	Unversteifte Übergänge zwischen Zylinder- und Kegelstumpfschalen.....	24
9.1.5	Unversteifte runde oder elliptische Öffnungen.....	24
9.1.6	Rundstäbe und Bolzen	24
9.1.7	Ergänzende Regelungen für den Offshorebereich	25
9.2	Ermüdungsbeanspruchung.....	26
9.3	Ermüdungsfestigkeit.....	27
9.3.1	Wöhlerlinien	27
9.3.2	Anwendung der schadensäquivalenten Einstufenkollektive.....	28
9.3.3	Ringflanschverbindungen	28
10	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	31
	Anhang A (informativ) Plastische Versagenszustände zur Ringflanschbemessung.....	32
	Anhang B (informativ) Berechnung der Schraubenkraftfunktion nach Schmidt/Neuper	35
	Anhang C (informativ) Zusätzliche Kerbfälle.....	37
C.1	Kerbfall für Schrauben, wenn nur Axialkräfte berücksichtigt werden	37
C.2	Kerbfall für das Detail T-Flansch/Mantelblech.....	37
C.3	Mittels Laborversuchen qualifizierte Kerbfälle.....	38
	Anhang D (informativ) Sonderkonstruktionen.....	39
D.1	Kopfflansche.....	39
	Literaturhinweise.....	40

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-51-07 AA „Windenergieanlagen“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erarbeitet.

Dieses Dokument ergänzt DIN EN 1993-1-1 im Hinblick auf Windenergieanlagen und Plattformen.

Rahmen und Aufbau dieses Dokuments entsprechen DIN EN 1993-1-1. Dieses Dokument enthält jedoch Prinzipien und Anwendungsregeln, die ausschließlich für Windenergieanlagen und Plattformen gelten.

Alle Absätze von DIN EN 1993-1-1 gelten in der Regel weiterhin, wenn sie nicht durch dieses Dokument spezifiziert oder ergänzt werden.

DIN 18088, *Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen* besteht aus:

- *Teil 1: Grundlagen und Einwirkungen;*
- *Teil 2: Stahlbeton- und Spannbetontragwerke;*
- *Teil 3: Stahlbauten;*
- *Teil 4: Baugrund und Gründungselemente;*
- *Teil 5: Verbindungen zwischen Stahlbauten und Stahlbeton- und Spannbetontragwerken.*

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Nachweise der Standsicherheit der Tragstrukturen von Windenergieanlagen und Plattformen in Stahlbauweise.

Die Regelungen dieser Norm gelten, soweit nicht ausdrücklich eingeschränkt, sowohl für On- als auch Offshoreanwendungen. Regelungen, die nur für einen Anwendungsbereich gültig sind, werden im Normen-text kenntlich gemacht.

Konstruktion und Bemessung der Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen in Stahlbauweise richten sich nach den einschlägigen Technischen Baubestimmungen DIN EN 1993 für vergleichbare Konstruktionen, wie Antennentragwerke, Schornsteine, Masten u. ä., sofern in dieser Norm keine anderen Regelungen getroffen werden. Die Ausführung richtet sich nach den Bestimmungen der DIN EN 1090, sofern anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

DIN 18088-1, *Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen — Teil 1: Grundlagen und Einwirkungen*

DIN EN 1090-2:2011-10, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008+A1:2011*

DIN EN 1990:2010-12, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002+A1:2005+A1:2005/AC:2010*

DIN EN 1990/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

DIN EN 1993-1-1:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005+AC:2009*

DIN EN 1993-1-1/A1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005/A1:2014*

DIN EN 1993-1-1/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1993-1-6: 2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007+AC:2009*

DIN EN 1993-1-6/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*

DIN EN 1993-1-8:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005+AC:2009*

DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*

DIN EN 1993-1-9, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*

DIN EN 1993-1-9/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*

DIN EN 1993-1-10:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005+AC:2009*

DIN EN 10025-1, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*

DIN EN 10025-2, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

DIN EN 10025-3, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

DIN EN 10025-4, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

DIN EN 10164, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 10204:2005-01, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004*

DIN EN 10210-1, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 10210-2, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte*

DIN EN 10219-1, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 10225:2009-10, *Schweißgeeignete Baustähle für feststehende Offshore-Konstruktionen — Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10225:2009*

DIN EN 14399-1, *Hochfeste verspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 61400-1:2011-08, *Windenergieanlagen — Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005+A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005+A1:2010*

DIN EN 61400-3, *Windenergieanlagen — Teil 3: Auslegungsanforderungen für Windenergieanlagen auf offener See*

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

DIN EN ISO 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen*

DIN EN ISO 2063, *Thermisches Spritzen — Metallische und andere anorganische Schichten — Zink, Aluminium und ihre Legierungen*

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

DIN EN ISO 12944-1, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 1: Allgemeine Einleitung*

DIN EN ISO 12944-2, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen*

DIN EN ISO 12944-6, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen*

DAST-Richtlinie 021, *Schraubenverbindungen aus feuerverzinkten Garnituren M39 bis M72 entsprechend DIN EN 14399-4, DIN EN 14399-6*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Begriffe nach DIN EN 1993, DIN 18088-1 und die folgenden Begriffe.

3.1

Turmsektion

zylindrisches oder konisches Turmbauteil mit Ringflanschen an beiden Enden

3.2

Schuss

einzelnes Blech zwischen zwei horizontalen Schweißnähten als Bestandteil einer Turmsektion

3.3

Markov-Matrizen

Matrizen, die aus den Zeitreihen und den zugehörigen Häufigkeiten der Ermüdungslastfälle mittels Auszählverfahren (z. B. Rainflow-Count) ermittelt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie enthalten Schwingweiten, Mittelwerte und Lastspielzahlen.

3.4

Mehrstufenkollektive

vereinfachte Markov-Matrizen ohne Mittelwerte

3.5

schadensäquivalente Einstufenkollektive

DEL

(en: Damage Equivalent Load)

Einstufenkollektive, die unter Annahme einer konstanten Wöhlersteigung die gleiche Schädigung wie Mehrstufenkollektive erzeugen

4 Symbole und Abkürzungen

Formelzeichen im Hinblick auf WEA, Ergänzung von nicht bereits in DIN 18088-1 definierten Symbolen und Abkürzungen in Anlehnung an die referenzierten Normen.

Weitere Formelzeichen werden im Text definiert.

A_k	planmäßige Einwirkung aus Anlegestoß
C_d	Axialsteifigkeit des Klemmpakets
C_s	Axialsteifigkeit der Schraube
F_s	Schraubenkraft
$F_{s,Rd}$	Grenzgleitkraft
k	Flanschklaffung
l_k	Länge der Flanschklaffung über den Umfang
k_f	Spannungskonzentrationsfaktor
r_i	Innenradius der Turmwand oder Rohr/Schale
s	Turmwanddicke
Z	Segmentkraft
α_s	Winkel der flanschseitigen Kippung
$\sigma_{xS,Rd}$	reduzierte Bemessungsbeulspannung

5 Grundlagen der Tragwerksplanung

5.1 Allgemeines

Sofern in dieser Norm nicht abweichend geregelt, gelten die Hinweise für die Grundlagen der Tragwerksplanung der DIN EN 1993-1-1.

5.2 Einwirkungen, Umgebungseinflüsse und Nutzungsdauer

Siehe DIN 18088-1.

5.3 Dauerhaftigkeit

Abhängig von der Art der Einwirkungen, die die Dauerhaftigkeit und Nutzungsdauer beeinflussen, ist bei den Tragkonstruktionen in der Regel die Sicherstellung von Inspektions- und Wartungsmaßnahmen zu beachten. Hinweise zu Wartung und Inspektion enthält auch DIN 18088-1.

Die Anwendung der Nachweiskonzepte der DIN EN 1993-1-9 mit den ergänzenden Regelungen dieser Norm setzen einen ausreichenden Korrosionsschutz der Konstruktionen voraus. Dies ist durch geeignete organische Beschichtungen oder metallische Überzüge oder Duplex-Systeme aus metallischen Überzügen nach DIN EN ISO 2063 und DIN EN ISO 1461 zu erreichen. Die Feststellung der entsprechenden Korrosivitätskategorie hat mit Hilfe der DIN EN ISO 12944-1, DIN EN ISO 12944-2 und DIN EN ISO 12944-6 zu erfolgen.

5.3.1 Ergänzende Regelungen für den Offshorebereich

Die nachfolgenden Regelungen gehen davon aus, dass der Korrosionsschutz für unter Wasser liegende Teile der Konstruktion durch aktive oder passive kathodische Schutzsysteme erreicht wird. Über Wasser liegende Teile oder solche in der Wasserwechselzone sind durch organische Beschichtungen zu schützen.

Es muss davon ausgegangen werden, dass organische Beschichtungen in der Spritzwasserzone (Definition siehe DIN EN 61400-3) regelmäßig eine geringere Dauer der Schutzwirkung im Vergleich zur Lebensdauer der Konstruktion erreichen. In diesem Fall ist für die Abschnitte der Lebensdauer, in denen kein voll wirksamer organischer Korrosionsschutz vorausgesetzt werden kann, ein konstruktiver Zuschlag zur Blechdicke in der Bemessung einzuplanen.

Ein Abrostungszuschlag deckt ausschließlich die negativen Effekte der einsetzenden Flächenkorrosion bei großflächiger Beeinträchtigung der Wirksamkeit des organischen Beschichtungssystems ab. Lokale Beschädigungen der Beschichtung, die insbesondere an geometrischen Ungängen und Anschlüssen zu stark beschleunigter Korrosion führen können, sind durch Inspektionen und gegebenenfalls Instandsetzungsmaßnahmen sicher auszuschließen oder bedürfen einer gesonderten Betrachtung.

Der Abrostungszuschlag für Zeiten ohne ausreichenden Korrosionsschutz ist mit jährlichen Abrostungsraten zu ermitteln, die folgende Werte nicht unterschreiten dürfen:

Tabelle 1 — Abrostungsraten

Bauteiloberfläche	jährliche Abrostungsrate ^a
äußere, dem Seewasser frei ausgesetzte Bauteile in der Wasserwechselzone	0,30 mm/a
innere vom Seewasser zeitweise benetzte Oberflächen bei vermindertem Wasseraustausch	0,15 mm/a
^a Die Werte sind gültig für Gewässer der deutschen Nord- und Ostsee und gelten für allgemeine Baustähle nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, Tabelle 3.1. Nichtrostende Stähle sind hiervon ausgenommen, bedürfen aber des Nachweises eines ausreichenden Korrosionswiderstandes.	

5.4 Festlegung und Dokumentation der Ausführungsklassen

Die Ausführungsklassen werden im Rahmen der Tragwerksplanung festgelegt.

Vorwiegend nicht ruhend beanspruchte Stahltragwerke sind mindestens in EXC 3 nach DIN EN 1993-1-1/A1:2014-07 einzustufen. Hinsichtlich Ein- und Anbauten, die vorwiegend ruhend beansprucht werden, kann eine andere Einstufung durch den Tragwerksplaner sinnvoll sein.

Schweißnähte, die Bauwerksabschnitte/Bauteile unterschiedlicher Ausführungsklassen miteinander verbinden, sind der höheren Ausführungsklasse zuzuordnen.

6 Werkstoffe

6.1 Allgemeines

Siehe DIN EN 1993-1-1:2010-12, 3.1 (1) und (2).

6.2 Baustahl

6.2.1 Allgemeines

Es müssen Stähle aus den in DIN EN 1993-1-1 aufgelisteten Stahlsorten und den entsprechenden Werkstoffnormen verwendet werden.

Eine verbleibende Hartprägung in vorwiegend nicht ruhend beanspruchten Bauteilen ist nicht zulässig (siehe DIN EN 1090-2).

Für alle Erzeugnisse, die vorwiegend nicht ruhend beansprucht sind, müssen mindestens Abnahmeprüfzeugnisse „3.1“ nach DIN EN 10204:2005-01 je Schmelze mit folgenden zusätzlichen Angaben vorliegen:

- 15er-Analyse (chem. Zusammensetzung) - Angabe von C, Mn, Si, S, P, Al, N, Cu, Cr, Nb, V, Ti, Mo, Ni, B;
- Lieferzustand AR nicht zugelassen;
- Kennzeichnung des/der Abnahmebeauftragten.

6.2.2 Regelungen für den Offshorebereich

Im Fall des Verlassens des Regelungsbereichs zur Stahlsortenauswahl nach DIN EN 1993-1-10, z. B. bei Verwendung großer Blechdicken und/oder bei tiefen Einsatztemperaturen sowie bei Vorliegen von höheren Kaltverformungsgraden und multiaxialen Beanspruchungszuständen, sind ergänzende Stahlsorten und zugehörige Werkstoffnormen anzuwenden. Anwendbar sind deshalb auch Stähle nach DIN EN 10225. Da es sich bei den Stählen nach DIN EN 10225 um Halbzeuge handelt, die nicht Bestandteil der Bauregelliste sind, sind die Qualitäts- und Prüfvorschriften der DIN EN 10025-1, DIN EN 10025-3 und DIN EN 10025-4 für Blech und der DIN EN 10210-1 und DIN EN 10210-2 für warmgefertigte Hohlprofile umzusetzen, insofern diese höhere Anforderungen gegenüber der DIN EN 10225 beinhalten. Stähle der Gruppe 1 nach DIN EN 10225:2009-10 sind für eine Verwendung ausgeschlossen.

6.2.3 Zusätzliche Anforderungen bei dreiaxialen Spannungszuständen in Bauteilen für den Offshorebereich

Bauteile, die aufgrund der Fertigungsbedingungen und/oder der Betriebsbeanspruchungen dreiaxiale Spannungszustände aufweisen, bedürfen besonderer Betrachtungen bei der Stahlauswahl. Dies betrifft z. B. Knotenpunkte zwischen Eckstielen und Diagonalen in Fachwerkstrukturen.

Für Bauteile mit dreiaxialen Beanspruchungen sind folgende Besonderheiten bei der Materialbestellung zu beachten:

Tabelle 2 — Zusätzliche Anforderungen an die Kerbschlagbiegeprüfung

	Werkstoffe nach DIN EN 10025-1, DIN EN 10025-3, DIN EN 10025-4	Werkstoffe nach DIN EN 10210-1	Werkstoffe nach DIN EN 10219-1	Werkstoffe nach DIN EN 10225:20 09-10
Probenlage in der Kerbschlagbiegeprüfung	zusätzlicher Nachweis der Kerbschlageigenschaften an Querproben (Bestelloption 30 nach DIN EN 10025-3/DIN EN 10025-4)		Einsatz bei mehraxialen Spannungs- zuständen ohne ergänzende Maßnahmen nicht zulässig	keine zusätzlichen Anforderungen
zusätzliche Kerbschlagbiegeprüfung in der Blechdickenmitte	zusätzliche Prüfung für Blechdicken <i>t</i> > 40 mm erforderlich			

In jedem Fall sind die Regelungen zur Stahlsortenauswahl im Hinblick auf die Eigenschaften in Dickenrichtung nach DIN EN 1993-1-10:2010-12, Abschnitt 3 anzuwenden und die resultierenden zusätzlichen Anforderungen zur Z-Güte nach DIN EN 10164 in der Bestellung zu berücksichtigen.

6.3 Bruchzähigkeit und Reckalterungsempfindlichkeit

Die Werkstoffe müssen die erforderliche Zähigkeit aufweisen, um während der Lebensdauer des Tragwerks Sprödbbruch auszuschließen.

Weitergehende Sprödbbruchnachweise können entfallen, wenn die Anforderungen in DIN EN 1993-1-10 für die Bezugstemperatur erfüllt werden (siehe 6.3.4 für den Offshorebereich).

6.3.1 Allgemein

Das Auftreten der niedrigsten Bauteiltemperatur entspricht einer "außergewöhnlichen" Bemessungssituation.

Für den Onshorebereich ist die Einsatztemperatur $T_{\text{mdr}} = T_{\text{md}} + \Delta T_r = -30^\circ \text{C}$ anzunehmen.

Für den Offshorebereich ist die Einsatztemperatur $T_{\text{mdr}} = T_{\text{md}} + \Delta T_r$ gemäß Tabelle 3 anzunehmen.

**Tabelle 3 — Einsatztemperatur T_{mdr} zur Verwendung beim Sprödbbruchnachweis nach
DIN EN 1993-1-10**

	Deutsche Seegebiete	Nordsee		Ostsee	
	Wassertiefe des Standortes	≥ 10 m	< 10 m	≥ 10 m	< 10 m
1	unterhalb des tidebedingten Niedrigstwasserstandes (LAT)	-5°C	-5°C	-5°C	-5°C
2	oberhalb des tidebedingten Niedrigstwasserstandes (LAT)	-15°C	-20°C	-15°C	-25°C

Der Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkungen ist jeweils $\gamma_F = 1,0$.

Das maßgebende Spannungsniveau σ_{Ed} ist als Nennspannung im maßgebenden Querschnitt und Tragwerksteil an der Stelle der erwarteten Rissentstehung (z. B. in umlaufenden Kragenversteifungen) zu ermitteln. In der Anwendung kommt der anerkannte Stand der Technik zum Tragen, nach dem Spannungsüberhöhungen an Öffnungen und Turmkopf (und gegebenenfalls anderen relevanten Strukturdetails) nicht gesondert berücksichtigt werden.

Die Temperaturverschiebung durch Kaltverformung zur Führung des Spröbruchnachweises ist gemäß DIN EN 1993-1-10:2010-12, Gleichung (2.4) zu ermitteln. Beiträge aus der Kaltverformung können hierin unberücksichtigt bleiben, wenn die plastische Dehnung kleiner 2 % ist ($r_i/t > 25$ z. B. für kreisförmige Rohre und Schalen).

6.3.2 Regelungen für Tragstrukturen für Windenergieanlagen für den On- und Offshorebereich

Die Schnittgrößen zur Bestimmung der maßgebenden Spannungen sind mit dem Lastfall D.2 (häufige Lasten) für Onshoreanlagen bzw. dem Lastfall O.2 (häufige Lasten) für Offshoreanlagen nach DIN 18088-1 zu bestimmen, siehe auch DIN EN 1993-1-10:2010-12, 2.2 (4). Die genannten Lastfälle ersetzen die Addition von ständigen und veränderlichen Einwirkungen nach DIN EN 1993-1-10:2010-12, Gleichung 2.1.

6.3.3 Regelungen für Tragstrukturen für Offshore-Plattformen

Es sind folgende beiden Bemessungssituationen zu betrachten:

$$E_{d1} = E \{A[T_{Ed}] "+" \Sigma G_k "+" Q_{Ek}\} \text{ und } E_{d2} = E \{A[T_{Ed}] "+" \Sigma G_k "+" A_k\} \quad (1)$$

Dabei stellt die Leiteinwirkung A die Wirkung der Bezugstemperatur T_{Ed} dar. ΣG_k ist die Summe der ständigen Einwirkungen. Q_{Ek} ist die kombinierte Einwirkung aus den Umgebungsbedingungen Seegang, Wind und Seeis mit einer Wiederkehrperiode von 50 Jahren. A_k ist die Einwirkung aus dem planmäßigen Anlegestoß eines Versorgungsschiffes.

6.3.4 Stahlgütewahl für den Offshorebereich

Zur Stahlgütewahl bei Tragstrukturen für den Offshorebereich kann DIN EN 1993-1-10:2010-12, Tabelle 2.1 unter folgenden Voraussetzungen verwendet werden:

- Einhaltung einer Kerbfallklasse 71 oder höher bzw. bei Anwendung des Strukturspannungskonzeptes Einhaltung eines Spannungskonzentrationsfaktors $\leq 1,41$;
- Maximale Erzeugnisdicke von 140 mm;
- Berücksichtigung eines zusätzlichen Sicherheitsterms $\Delta T_R = -10$ K.

Wenn obige Voraussetzungen nicht erfüllt sind, kann der Spröbruchnachweis nach DIN EN 1993-1-10:2010-12, 2.2 (3) erfolgen. Siehe dazu auch [9].

Für kaltgefertigte rechteckige oder quadratische Hohlprofile nach DIN EN 10219 ist eine Temperaturverschiebung infolge der Kaltumformung in Höhe von $\Delta T_{ecf} = 35$ K für Wanddicken $t \leq 16$ mm bzw. $\Delta T_{ecf} = 45$ K für Wanddicken $16 \text{ mm} < t \leq 40$ mm, bei Kantenradien größer $3 \cdot t$ anzusetzen. Bei Kantenradien kleiner oder gleich $3 \cdot t$ bei Wanddicken $t \leq 16$ mm und $16 \text{ mm} < t \leq 40$ mm ist die Temperaturverschiebung zur Führung des Spröbruchnachweis gemäß Gleichung 2.4 nach DIN EN 1993-1-10:2010-12 zu ermitteln.

ANMERKUNG Die größten zulässigen Erzeugnisdicken für tiefe Bezugstemperaturen T_{Ed} sowie weitere Hinweise können erforderlichenfalls dem Kommentar zu DIN EN 1993-1-10 im Stahlbaukalender 2012 [1] (Tabelle 7) entnommen werden.