

DIN EN 1993-3



ICS 91.010.30; 91.060.40; 91.080.13

Entwurf

Einsprüche bis 2024-03-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1993-3-1:2010-12 und
DIN EN 1993-3-2:2010-12

**Eurocode 3 –
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 3: Türme, Maste und Schornsteine;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1993-3:2024**

Eurocode 3 –
Design of steel structures –
Part 3: Towers, masts and chimneys;
German and English version prEN 1993-3:2024

Eurocode 3 –
Calcul des structures en acier –
Partie 3: Tours, mâts et cheminées;
Version allemande et anglaise prEN 1993-3:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-01-12 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 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 oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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

Gesamtumfang 167 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1993-3:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-08-05 AA „Türme, Maste und Schornsteine (SpA zu CEN/TC 250/SC 3/WG 14)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

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

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 1993-3-1:2010-12 und DIN EN 1993-3-2:2010-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Zusammenlegung von zwei Norm-Teilen;
- b) vollständige technische und redaktionelle Überarbeitung.

<i>Titel de:</i>	Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3: Türme, Maste und Schornsteine
<i>Titel en:</i>	Eurocode 3 — Design of steel structures — Part 3: Towers, masts and chimneys
<i>Titel fr:</i>	Eurocode 3 — Calcul des structures en acier — Partie 3: Tours, mâts et cheminées

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
0 Einleitung	7
0.1 Einleitung zu den Eurocodes	7
0.2 Einleitung zu der Normenreihe EN 1993	7
0.3 Einleitung zu EN 1993-3	9
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen	9
0.5 Nationaler Anhang zu EN 1993-3	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe und Symbole	12
3.1 Begriffe	12
3.2 Symbole	16
3.2.1 Allgemeines	16
3.2.2 Lateinische Großbuchstaben	16
3.2.3 Lateinische Kleinbuchstaben	17
3.2.4 Griechische Großbuchstaben	18
3.2.5 Griechische Kleinbuchstaben	19
3.3 Definition der Querschnittsachsen	20
4 Grundlagen der Bemessung	20
4.1 Allgemeine Bemessungsregeln	20
4.2 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	20
4.2.1 Ständige Einwirkungen	20
4.2.2 Veränderliche Einwirkungen	21
4.2.3 Sonstige Einwirkungen	23
4.3 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit	24
4.4 Versuchsgestützte Bemessung	24
5 Baustoffe	24
5.1 Baustahl	24
5.1.1 Allgemeines	24
5.1.2 Baustoffeigenschaften	24
5.2 Verbindungsmittel	25
5.3 Abspannseile und Seilendverbindungen	25
6 Dauerhaftigkeit	25
6.1 Allgemeines	25
6.2 Korrosion	25
6.3 Korrosionszuschlag für Schornsteine	25
6.3.1 Äußerer Korrosionszuschlag	26
6.3.2 Innerer Korrosionszuschlag	26
6.4 Abspannseile	27
7 Tragwerksberechnung	27
7.1 Berechnungsmodelle zur Bestimmung von Schnittgrößen	27
7.1.1 Allgemeines	27
7.1.2 Schornsteine	27
7.2 Berechnungsmodelle für Verbindungen	28

7.3	Imperfektionen	28
7.4	Berechnung des Tragrohrs	28
8	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	30
8.1	Allgemeines	30
8.2	Tragfähigkeit von Querschnitten und Bauteilen	31
8.2.1	Allgemeines	31
8.2.2	Besondere Bestimmungen für Winkelprofile und Bauteile	31
8.2.3	Besondere Bestimmungen für Bauteile mit polygonalen Querschnitten.....	32
8.2.4	Besondere Bestimmungen für Tragrohre	32
8.3	Anschlüsse.....	34
8.3.1	Allgemeines	34
8.3.2	Konfigurationen für geschraubte Flanschplattenanschlüsse	34
8.3.3	Verbindung des Haupttragwerks mit dem Fundament oder der Stützkonstruktion.....	36
8.3.4	Spezielle Verbindungen	37
9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	39
9.1	Grundlage.....	39
9.2	Auslenkungen und Verdrehungen	40
9.2.1	Anforderungen	40
9.2.2	Grenzwerte der Auslenkung.....	40
9.3	Schwingungen.....	40
9.3.1	Anforderungen	40
9.3.2	Grenzwerte	41
10	Ermüdung.....	41
10.1	Allgemeines	41
10.2	Ermüdungsbelastung.....	41
10.2.1	Schwingungen in Windrichtung.....	41
10.2.2	Auswirkungen von Querschwingungen auf das gesamte Tragwerk	42
10.2.3	Antwort einzelner Bauteile.....	42
10.3	Sicherheitsbewertung.....	43
Anhang A (normativ)	Schwingungsdämpfer und aerodynamische Maßnahmen.....	44
A.1	Anwendung dieses Anhangs.....	44
A.2	Anwendungsbereich.....	44
A.3	Allgemeines	44
A.4	Schwingungsdämpfer.....	44
A.4.1	Dämpfer für das Tragwerk	44
A.4.2	Direkte Dämpfung.....	45
A.4.3	Dämpfer für Seile.....	45
A.5	Aerodynamische Dämpfungsmaßnahmen.....	45
A.6	Versuchsgestützte Bemessung von Dämpfern.....	46
A.6.1	Allgemeines	46
A.6.2	Vorgehensweise bei der Messung des logarithmischen Dämpfungsdekrements	46
Anhang B (normativ)	Seile, Isolatoren, Außenanbauten und Zusatzeinrichtungen	48
B.1	Anwendung dieses Anhangs.....	48
B.2	Anwendungsbereich.....	48
B.3	Abspannseile	48
B.3.1	Allgemeines	48
B.3.2	Stahlseile und stählerne Zugglieder.....	48
B.3.3	Nichtmetallische Abspannseile	48
B.4	Isolatoren	49
B.5	Außenanbauten und Zusatzeinrichtungen	49
B.5.1	Steigleitern, Bühnen usw.....	49
B.5.2	Blitzschutz.....	49
B.5.3	Flugsicherung	50

B.5.4	Schutz gegen Vandalismus	50
Anhang C (normativ) Knicken von Turm- und Mastbauteilen		51
C.1	Anwendung dieses Anhangs	51
C.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	51
C.3	Beanspruchbarkeit von Druckstäben auf Biegeknicken	51
C.4	Beiwert K für den effektiven Schlankheitsgrad	52
C.5	Eckstiele	57
C.6	Füllstäbe	58
C.6.1	Allgemeines	58
C.6.2	Einfaches Fachwerk	59
C.6.3	Kreuzweise Ausfachung	61
C.6.4	Kreuzweise Ausfachung mit Zuggliedern	61
C.6.5	Kreuzweise Ausfachung mit sekundären Füllstäben	61
C.6.6	Kreuzweise Ausfachung mit im Kreuzungspunkt unterbrochenen Füllstäben und durchgehenden horizontalen Füllstäben	62
C.6.7	Kreuzweise Ausfachung mit zusätzlichen horizontalen Streben über Eck	62
C.6.8	Diagonalstäbe von K-Fachwerken	63
C.6.9	Horizontale Füllstäbe in einer Fachwerkwand mit horizontaler Ausfachungsebene	64
C.6.10	Horizontale Füllstäbe ohne horizontale Ausfachungsebene	65
C.6.11	K-Fachwerk mit Abknickungen	66
C.6.12	Portalrahmenfachwerk	66
C.6.13	Mehrfache Vergitterung	67
C.7	Fiktive Abtriebskräfte für Füllstäbe	68
C.8	Schalentragwerke	68
Anhang D (normativ) Seilbruch		69
D.1	Anwendung dieses Anhangs	69
D.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	69
D.3	Allgemeines	69
D.4	Berechnung während des Seilbruchs	69
D.4.1	Allgemeines	69
D.4.2	Vollständige dynamische Berechnung	69
D.4.3	Vereinfachtes dynamisches Modell	69
D.4.4	Vereinfachtes statisches Verfahren	73
D.5	Berechnung für den Zustand nach einem Seilbruch	73
Anhang E (normativ) Bauausführung		74
E.1	Anwendung dieses Anhangs	74
E.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	74
E.3	Allgemeines	74
E.4	Schraubverbindungen	74
E.5	Schweißverbindungen	75
E.6	Toleranzen	75
E.6.1	Allgemeines	75
E.6.2	Ausführungstoleranzen	75
E.7	Vorrecken der Seile	77
Anhang F (informativ) Ergänzende Regeln für die Tragfähigkeit von gleichschenkligen Winkelprofilen und mehrteiligen Bauteilen		78
F.1	Anwendung dieses Anhangs	78
F.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	78
F.3	Besondere Bestimmungen für Bauteile aus gleichschenkligen Winkelprofilen	78
F.3.1	Querschnittstragfähigkeit	78
F.3.2	Knicksicherheit von Bauteilen unter Einfluss einer Kombination von Normalkraft und Biegemomenten	80
F.4	Besondere Bestimmungen für dicht beieinander liegende mehrteilige Bauteile	83

Literaturhinweise.....	87
------------------------	----

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1993-2:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 1993-3-1:2006, EN 1993-3-2:2006 und deren Änderungen ersetzen.

Die erste Generation der EN Eurocodes wurde zwischen den Jahren 2002 und 2007 veröffentlicht. Dieses Dokument wurde als Teil der zweiten Generation der Eurocodes im Rahmen des Mandats M/515 erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Die Eurocodes wurden erarbeitet, um in Verbindung mit einschlägigen Ausführungs-, Werkstoff-, Produkt- und Prüfnormen angewendet zu werden und um Anforderungen an Ausführung, Werkstoffe, Produkte und Prüfung zu identifizieren, auf denen die Eurocodes beruhen.

Die Eurocodes erkennen die Verantwortlichkeit aller Mitgliedstaaten an und wahren deren Recht, sicherheitsbezogene Werte auf nationaler Ebene in Nationalen Anhängen festzulegen.

0 Einleitung

0.1 Einleitung zu den Eurocodes

Die Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus umfassen die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

- EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Planung von Tragwerken und geotechnischen Bauwerken*
- EN 1991, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke*
- EN 1992, *Eurocode 2 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*
- EN 1993, *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*
- EN 1994, *Eurocode 4 — Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
- EN 1995, *Eurocode 5 — Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*
- EN 1996, *Eurocode 6 — Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*
- EN 1997, *Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*
- EN 1998, *Eurocode 8 — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*
- EN 1999, *Eurocode 9 — Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*
- Neue Teile sind derzeit in Erarbeitung, z. B. der Eurocode für die Bemessung von tragenden Konstruktionen aus Glas.

Die Eurocodes sind für die Anwendung durch Tragwerksplaner, Bauherren, Hersteller, Ausführende, zuständige Behörden (bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben in Übereinstimmung mit nationalen oder internationalen Vorschriften), Lehrkräfte, Softwareentwickler und Normenausschüsse, in denen verwandte Produktnormen, Prüfnormen und Ausführungsnormen erarbeitet werden, gedacht.

ANMERKUNG Einige Entwurfs- und Bemessungsaspekte werden am zutreffendsten von den zuständigen Behörden festgelegt oder können, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien wie Tragwerksplanern und Bauherren vereinbart werden. In den Eurocodes werden solche Aspekte durch ausdrückliche Bezugnahme auf die zuständigen Behörden und die beteiligten Parteien gekennzeichnet.

0.2 Einleitung zu der Normenreihe EN 1993

(1) EN 1993 gilt für den Entwurf und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten aus Stahl. Sie entspricht den Grundsätzen und Anforderungen für die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken, deren Bemessungs- und Nachweisgrundlagen in EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Planung von Tragwerken und geotechnischen Bauwerken*, angegeben sind.

(2) EN 1993 beschäftigt sich ausschließlich mit den Anforderungen an die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und Feuerwiderstandsfähigkeit von Stahltragwerken. Andere Anforderungen wie etwa an die Wärme- und Schalldämmung werden nicht berücksichtigt.

(3) EN 1993 ist in mehrere Teile gegliedert:

EN 1993-1, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-2, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 2: Stahlbrücken*

EN 1993-3, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3: Türme, Maste und Schornsteine*

EN 1993-4, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4: Silos*

EN 1993-5, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände*

EN 1993-6, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6: Kranbahnen*

EN 1993-7, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 7: Bemessung von Sandwich-Elementen*

(4) EN 1993-1 existiert nicht als ein physisches Dokument, sondern besteht aus den folgenden 14 gesonderten Teilen, deren grundlegender Teil EN 1993-1-1 ist:

EN 1993-1-1, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-2, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*

EN 1993-1-3, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Kaltgeformte Bauteile und Profiltafeln*

ANMERKUNG Kaltgeformte Hohlprofile nach EN 10219 werden in EN 1993-1-1 behandelt.

EN 1993-1-4, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Tragwerke aus nichtrostenden Stählen*

EN 1993-1-5, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile*

EN 1993-1-6, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*

EN 1993-1-7, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-7: Aus Blechen zusammengesetzte Bauteile unter Querlasten*

EN 1993-1-8, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Anschlüsse*

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

EN 1993-1-10, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*

EN 1993-1-11, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl*

EN 1993-1-12, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlsorten bis S700*

EN 1993-1-13, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-13: Träger mit großen Stegöffnungen*

EN 1993-1-14, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-14: Bemessung mithilfe von Finite-Element-Berechnung*

(5) Alle Teile von EN 1993-1-2 bis EN 1993-1-14 behandeln allgemeine Themen, die unabhängig von der Art des Bauwerks sind, wie die Tragwerksbemessung für den Brandfall, kaltgeformte Bauteile und Bleche, nichtrostende Stähle, plattenförmige Bauteile usw.

(6) Alle Teile von EN 1993-2 bis EN 1993-7 behandeln Themen, die für eine bestimmte Tragwerksart maßgebend sind, wie Stahlbrücken, Türme, Maste und Schornsteine, Silos und Tankbauwerke, Pfähle und Spundwände, Kranbahnen usw. EN 1993-2 bis EN 1993-7 beziehen sich auf die allgemeinen Regeln von EN 1993-1 und ergänzen diese.

0.3 Einleitung zu EN 1993-3

EN 1993-3 beschreibt die Grundsätze und Anwendungsregeln für die Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Stahltragwerken für Türme, Maste und Schornsteine.

EN 1993-3 enthält Bemessungsregeln, welche die allgemeinen Regeln in der Normenreihe EN 1993-1 ergänzen.

Es ist vorgesehen, dass EN 1993-3 zusammen mit EN 1990, Normenreihe EN 1991, und den Teilen von EN 1992 bis EN 1998 angewendet wird, soweit diese auf Stahltragwerke oder Stahlkomponenten von Türmen, Masten und Schornsteinen Bezug nehmen.

Themen, die bereits in diesen Dokumenten behandelt werden, werden nicht wiederholt.

Die Anwendung von EN 1993-3 ist gedacht für:

- Komitees zur Erstellung von Produkt-, Prüf- und Bauausführungsnormen mit Bezug auf Entwurf und Bemessung;
- Auftraggeber (z. B. zur Formulierung ihrer speziellen Anforderungen);
- Tragwerksplaner und Bauausführende;
- zuständige Behörden.

Die Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und andere in EN 1993-3 genannte Parameter, die die Zuverlässigkeit festlegen, werden als Grundwerte empfohlen, die zu einem annehmbaren Zuverlässigkeitsniveau führen. Bei ihrer Auswahl wurde vorausgesetzt, dass ein angemessenes Niveau der Ausführungsqualität und ein Qualitätsmanagement vorhanden sind.

Es wurden Bestimmungen aufgenommen, die im Fall von Tragwerken oder Tragwerksteilen, deren Bemessung im Rahmen eines vereinbarten Typprüfungsprogramms erfolgt ist, die Nutzung eines anderen Teilsicherheitsbeiwerts für die Tragfähigkeit erlauben.

0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen

Das Verb „muss“ beschreibt eine Anforderung die zwingend zu befolgen ist und von der bei Anwendung der Eurocodes keine Abweichung zulässig ist.

Das Verb „sollte“ beschreibt eine streng empfohlene Auswahl oder Vorgehensweise. In Abhängigkeit von nationalen Regeln und/oder relevanten Vertragsbestimmungen können alternative Lösungen verwendet/angenommen werden, wenn sie technisch gerechtfertigt sind.

Das Verb „darf“ beschreibt eine erlaubte Vorgehensweise innerhalb der Anwendungsgrenzen der Eurocodes.

Das Verb „kann“ beschreibt Möglichkeiten und Fähigkeiten; es wird für Tatsachenfeststellungen und Erklärungen verwendet.

0.5 Nationaler Anhang zu EN 1993-3

Nationale Festlegungen sind in dieser Norm zulässig, wo dies ausdrücklich in Anmerkungen angegeben wird. Nationale Festlegungen umfassen die Auswahl der Werte für national festzulegende Parameter (NDP, en: nationally determined parameters).

Die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1993-3 kann einen Nationalen Anhang mit allen nationalen Festlegungen enthalten, die für den Entwurf und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten im jeweiligen Land Verwendung finden.

Wird keine nationale Festlegung angeführt, ist die in dieser Norm angegebene Standardfestlegung anzuwenden.

Wenn keine nationale Festlegung angeführt wird und keine Standardfestlegung in dieser Norm angegeben ist, kann die Festlegung durch eine zuständige Behörde getroffen werden, oder sofern keine Festlegungen getroffen wurden, können die beteiligten Parteien im Einzelfall eine Vereinbarung treffen.

Nationale Festlegungen sind in EN 1993-3 in Form von Anmerkungen zu den folgenden Abschnitten gestattet:

4.1(3)	4.2.3(2)	6.3.1(2)	7.2(4)
7.4(4)	8.1(1)	8.2.4.1(7)	8.3.1(2)
8.3.3(2)	8.3.4.2(2)	10.3(5)	B.3.2(3)
B.3.3(3)	B.5.1(1)	B.5.2(3)	B.5.3(1)
B.5.4(1)	C.3(3)	C.5(8)	D.5(2)
E.4(5)	E.6.2.1(1)	E.6.2.2(3)	

Nationale Festlegungen sind in EN 1993-3 hinsichtlich der Anwendung der folgenden informativen Anhänge gestattet:

Anhang F

Der Nationale Anhang kann, direkt oder durch Verweisungen, ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Erleichterung der Umsetzung enthalten, sofern dadurch keine Bestimmungen der Eurocodes geändert werden.

1 Anwendungsbereich

(1) Dieses Dokument enthält Regeln für die konstruktive Bemessung der Tragwerke von Türmen, Masten und Schornsteinen, die in eine der folgenden Klassen eingestuft werden können, mit den Ausnahmen in (3), (4) und (5).

(2) Dieses Dokument ist anwendbar für:

- a) freistehende Türme und abgespannte Maste mit oder ohne Anbauten. Die Schäfte von Türmen und Masten können gitterartig sein oder einen runden oder polygonalen Querschnitt besitzen;
- b) Schornsteintragwerke mit rundem Querschnitt, die als Kragssystem ausgebildet sind, und die auf unterschiedlichen Ebenen abgestützt sind, oder die abgespannt sind.

ANMERKUNG 1 Die Tragwerke sind hauptsächlich Windbelastungen ausgesetzt.

ANMERKUNG 2 Für Türme von Überlandleitungen siehe auch Normenreihe EN 50341.

(3) Dieses Dokument gilt nicht für:

- a) polygonale und runde Lichtmaste, die in Normenreihe EN 40 behandelt werden;

ANMERKUNG Normenreihe EN 40 legt die Anforderungen und Maße für Lichtmaste fest und sie gilt für gerade Maste mit einer Höhe von nicht mehr als 20 m und für Aufsatzleuchten und Auslegermaste mit einer Höhe von nicht mehr als 18 m für Ansatzleuchten.

- b) Türme von Windenergieanlagen (siehe Normenreihe EN 61400);

- c) Maste von Freileitungen, die in Normenreihe EN 50341 behandelt werden.

(4) Dieses Dokument behandelt keine besonderen Bestimmungen für die Bemessung mit Erdbebeeinwirkungen; diese sind in Normenreihe EN 1998 enthalten.

(5) Besondere Maßnahmen, die notwendig sein können, um die Folgen von Unfällen zu begrenzen, werden nicht in diesem Dokument behandelt. Für die Feuerbeständigkeit siehe EN 1993-1-2.

(6) Bestimmungen für die Abspannseile von abgespannten Tragwerken sind in EN 1993-1-11 angegeben und werden durch dieses Dokument ergänzt.

(7) Für Bestimmungen zu Aspekten wie chemische Beanspruchung, thermodynamisches Verhalten und Wärmedämmung von Schornsteinen siehe EN 13084-1. Für die Bemessung von Innenrohren siehe EN 13084-6.

ANMERKUNG 1 Fundamente werden in Normenreihe EN 1997 behandelt. Siehe auch EN 13084-1.

ANMERKUNG 2 Windlasten und Verfahren zur Bestimmung der Tragwerksreaktion bei Windeinwirkung sind in EN 1991-1-4 festgelegt.

Voraussetzungen

(1) Sofern nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist, gelten EN 1990, EN 1991 (zutreffende Teile), EN 1993-1 (zutreffende Teile).

(2) Die in diesem Dokument angegebenen Bemessungsverfahren sind anwendbar, wenn

- die Qualität der Ausführung den Festlegungen in Anhang E und EN 1090-2, und für die Ausführung von Schornsteinen auch den Festlegungen in EN 13084-6 entspricht,
- und
- die verwendeten Baustoffe und -produkte den Festlegungen in den zutreffenden Teilen von Normenreihe EN 1993 entsprechen oder, im Fall von anderen Baustoffen als Stahl, den zutreffenden Material- und Produktspezifikationen entsprechen.

ANMERKUNG Die Bauausführung wird in diesem Dokument insoweit behandelt, dass die erforderliche Qualität der eingesetzten Baustoffe und Bauprodukte und die Ausführungsqualität auf der Baustelle festgelegt werden können, um die den Bemessungsregeln zugrunde liegenden Voraussetzungen zu erfüllen.

2 Normative Verweisungen

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

ANMERKUNG In den Literaturhinweisen sind weitere zitierte Dokumente aufgeführt, die keine normativen Verweisungen sind, einschließlich solcher Dokumente, die als Empfehlungen (d. h. durch „sollte“-Sätze) und Erlaubnisse (d. h. durch „darf“-Sätze) in Bezug genommen werden.

EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*

EN 1090-4, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 4: Technische Anforderungen an tragende, kaltgeformte Bauelemente aus Stahl und tragende, kaltgeformte Bauteile für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen*

EN 1990:2023¹, *Eurocode — Grundlagen der Planung von Tragwerken und geotechnischen Bauwerken*

EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1993 (alle Teile), *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 13084-9, *Freistehende Industrieschornsteine — Teil 9: Lebensdauermanagement — Überwachung, Inspektion, Wartung, Sanierungsmaßnahmen und Dokumentation; Notwendige Maßnahmen und Verfahren*

EN ISO 5817:2023, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2023)*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1990, EN 1993-1-1 und die folgenden Begriffe.

¹ Geändert durch EN 1990:2023/prA1:2024.

3.1.1

aerodynamische Maßnahmen

Maßnahmen zur Veränderung der Windumströmung, um koordinierte Wirbelablösungen zu reduzieren, die unerwünschte Resonanzschwingungen erzeugen könnten

Anmerkung 1 zum Begriff: Aerodynamische Maßnahmen können ein Spoiler, schraubenförmige Wendeln, perforierte Blechmäntel oder Störstreifen sein.

3.1.2

Ankerstange

Schraube zur Verbindung des Tragwerks mit dem Fundament

3.1.3

Fußplatte

horizontale Platte, die am Fuß eines Tragrohrs oder Schafts oder Eckstiels befestigt ist

3.1.4

Schornstein

Bauwerk oder Teil eines Bauwerks, das Abgase oder andere Rauchgase führt, oder Zu- oder Abluft in die Atmosphäre leitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch EN 13084-1. Wird in dieser Norm die Benennung „Schornstein“ verwendet, ist nur der lasttragende Teil (Tragrohr) gemeint.

3.1.5

Schwingungsdämpfer

Vorrichtung zur Erhöhung der Bauwerksdämpfung, wodurch die Bauwerksreaktion oder die Reaktion eines Abspannseils verringert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition eines Dämpfers bezieht sich auf einen Schwingungsdämpfer, der sich von einem Strömungsdämpfer, der ein interner Gasströmungsregler in Innenrohren ist, unterscheidet.

3.1.6

einzelne Außenanbauten

nicht zur Tragkonstruktion gehörende Anbauteile, die innerhalb eines kurzen vertikalen Abstands angeordnet sind, wie z. B. Parabolreflektoren, Antennen, Beleuchtungsmittel, Plattformen, Geländer, Isolatoren und weitere Teile

3.1.7

doppelwandiger Schornstein

Schornstein mit einem äußeren Tragrohr aus Stahl und einem abgasführenden Innenrohr

3.1.8

Flansch

quer zum Bauteil angeschweißte Platte, die die Verbindung mit anderen Bauteilen durch Schrauben ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Flansche werden sowohl zwischen tragenden Abschnitten als auch in Innenrohren verwendet und die Flansche berühren einander. Im Fall von Schornsteinen bezieht sich die Benennung „Flansch“ auf einen „Verbindungsflansch“ nach Normenreihe EN 13084.

3.1.9

Tragwerksberechnung

Bestimmung eines einheitlichen Satzes von Schnittgrößen in einem Tragwerk, die mit einer entsprechenden Kombination von Einwirkungen auf das Tragwerk im Gleichgewicht stehen

3.1.10

Abspannseil

ausschließlich als Zugglied wirkendes Bauteil, das eine horizontale Lagerung in Verbindung mit zwei oder mehr Gegenstücken auf gleicher Ebene bietet

Anmerkung 1 zum Begriff: Abspannseile sind auch als Pardune bekannt. Ein Abspannseil, das an beiden Seiten verankert ist, stellt eine Seilkonfektion dar. Das untere Ende der Seilkonfektion wird am Boden oder an einem Tragwerk verankert und enthält üblicherweise eine Vorrichtung zur Einstellung der Spannung im Abspannseil. Anhang B enthält spezifische Festlegungen für Abspannseile sowie Festlegungen zu deren Herstellung und zu den Seilendverbindungen.

3.1.11

abgespanntes Tragwerk

Stahltragwerk, das in verschiedenen Ebenen über seine Höhe durch am Boden oder an einem anderen Tragwerk verankerte Seile gehalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Schaft eines abgespannten Tragwerks kann gitterartig sein oder einen runden oder polygonalen geschlossenen Querschnitt besitzen.

3.1.12

Vorspannung im Abspannseil

Spannung im Abspannseil an seinem Verankerungspunkt mit dem Boden, ohne meteorologische Einwirkungen und bei einer vereinbarten Bezugstemperatur

3.1.13

Eckstiele

Stahlbauteile, die die wesentlichen lastabtragenden Komponenten des Gittertragwerks darstellen

3.1.14

langgestreckte Außenanbauten

nicht zur Tragkonstruktion gehörende Anbauteile, die sich über mehrere Module erstrecken, z. B. Wellenleiter, Versorgungsleitungen, Steigleitern und Rohrleitungen

3.1.15

Innenrohr

innerhalb des Tragrohrs liegende tragende Schale der Innenrohrkonstruktion

3.1.16

Innenrohrkonstruktion

gesamtes System zur Trennung der Abgase vom Tragrohr in einem Schornstein

Anmerkung 1 zum Begriff: Dazu gehört ein Innenrohr und dessen Befestigungen, der Bereich zwischen dem Innenrohr und dem Tragrohr und die Dämmung, sofern vorhanden.

3.1.17

Detailnachweis

Tragwerksberechnung eines Teiltragwerks, einschließlich Ermüdungsnachweis

3.1.18

Mast

abgespanntes Stahltragwerk

3.1.19

mehrzügiger Schornstein

Gruppe von zwei oder mehr Schornsteinen, deren Konstruktionen miteinander verbunden sind, oder eine Gruppe von zwei oder mehr Innenrohren innerhalb eines Tragrohres

3.1.20

Modul (eines Turms oder Masts)

geeigneter Abschnitt eines Gitterturms oder Gittermasts, der zur Ermittlung der Projektionsfläche und des Windwiderstands in vertikale Richtung unterteilt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Module werden üblicherweise, aber nicht zwingend, zwischen den Stößen von Eckstielen und primären Füllstäben angenommen.

3.1.21

primäre Füllstäbe

Bauteile, außer Eckstiele, zur Aufnahme von Kräften infolge der auf das Gittertragwerk wirkenden Lasten

3.1.22

Projektionsfläche

Bereich des betrachteten Elements, wenn dieser auf eine Ebene senkrecht zur betrachteten Windrichtung projiziert wird, einschließlich Eisbildung, soweit maßgebend

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Wind, der nicht senkrecht auf eine Seite des Tragwerks bläst, wird eine Bezugsseitenfläche für die Projektionsfläche verwendet (siehe prEN 1991-1-4:2024, Anhang E).

3.1.23

sekundäre Füllstäbe

Bauteile zur Verringerung der Knicklängen anderer Gitterbauteile

3.1.24

freistehendes Tragwerk

auskragendes Stahltragwerk, dessen Schaft oberhalb des Fußpunktes nicht mit anderen Bauwerken verbunden ist

3.1.25

Schaft

vertikales Stahltragwerk eines Turms oder Masts, das gitterförmig sein kann mit dreieckigem, quadratischem oder rechteckigem Querschnitt oder mit geschlossenem Rund- oder Polygonquerschnitt (Monopol)

3.1.26

einwandiger Schornstein

Schornstein, dessen Tragrohr auch die Abgase leitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Er kann mit einer Wärmedämmung und/oder einer Innenverkleidung ausgestattet sein. Die Benennung kann sich auch auf einen Schornstein mit einem abgasführenden Innenrohr und einer umgebenden Gitterstruktur beziehen.

3.1.27

Tragrohr

lasttragendes Haupttragwerk eines Schornsteins aus Stahl, ausgenommen jegliche Flansche (in der englischen Fassung der Normenreihe EN 13084 als „windshield“ bezeichnet)

3.1.28

Turm

freistehendes, auskragendes Stahltragwerk

3.1.29

Windwiderstand

Widerstand, den die Bauteile eines Turms, Masts oder Schornsteins und alle Anbauteile der Windströmung entgegensetzen; er ergibt sich aus dem Produkt des Kraftbeiwerts und der Bezugsprojektionsfläche

3.2 Symbole

3.2.1 Allgemeines

(1) Zusätzlich zu den in EN 1993-1-1 angegebenen Symbolen gelten die folgenden Symbole.

(2) Weitere Symbole werden an der Stelle ihres erstmaligen Auftretens im Text definiert.

3.2.2 Lateinische Großbuchstaben

C_1	Beiwert zur Berücksichtigung des Biegemomentendiagramms für die Berechnung des elastischen kritischen Biegemoments bei Biegedrillknicken
C_u, C_v	äquivalente Momentenbeiwerte
D	Tragwerksdurchmesser
$F_{h,Ed}$	Bemessungswert der horizontalen Last
$F_{h,dyn,Ed}$	Bemessungswert der horizontal dynamischen Last
$F_{h,stat,Ed}$	Bemessungswert der horizontal statischen Last
$F_{t,Rd}$	Bemessungswert des Zugkraftwiderstands einer Schraube
H	Tragwerkshöhe
I_{pp}	Trägheitsmoment des effektiven Teils des Futterstücks
I_v	Trägheitsmoment um die v-v-Achse
$I_{v,ch}$	Trägheitsmoment um die v-v-Achse eines Gurts des mehrteiligen Abschnitts
K	Beiwert für den effektiven Schlankheitsgrad
K_1	Korrekturbeiwert für horizontale Füllstäbe von K- und X-Fachwerken ohne horizontale Aussteifungsebene
L_d	Länge eines Diagonalstabs
L_h	Länge eines Horizontalstabs
L_o	Knicklänge
$M_{j,Ed}$	Bemessungswert des Biegemoments
$M_{j,Rd}$	Bemessungswert der Momentenbeanspruchbarkeit
$M_{u,Rk}$	charakteristischer Wert der Momentenbeanspruchbarkeit um die u-u-Achse
$M_{v,Rk}$	charakteristischer Wert der Momentenbeanspruchbarkeit um die v-v-Achse
N_c	Normalkraft (Druck)
$N_{c,Rd}$	Bemessungswert der Normalkraftbeanspruchbarkeit bei gleichförmigem Druck

$N_{cr,Sv}$	effektive ideale Verzweigungslast unter Normalkraft für das mehrteilige Bauteil, einschließlich des Einflusses seiner Schubsteifigkeit
$N_{j,Ed}$	Bemessungswert der Normalkraft (Druck)
$N_{j,Rd}$	Bemessungswert der Normalkraftbeanspruchbarkeit
N_t	Bemessungswert der Normalkraft unter Zugbeanspruchung
$N_{t,Rd}$	Bemessungswert der Normalkraftbeanspruchbarkeit unter Zugbeanspruchung
$N_{t,b,Rd}$	Bemessungswert der Normalkraftbeanspruchbarkeit unter Zugbeanspruchung von Schrauben
$N_{t,f,Rd}$	Bemessungswert des Zugkraftwiderstands bei Biegung des Flansches
$P_{m,W(z)}$	Kraft in den Eckstielen eines Turms in Höhe z infolge mittlerer Windbelastung (siehe prEN 1991-1-4:2024, J.2.2.3(1))
$P_{t,W(z)}$	Kraft in den Eckstielen eines Turms in Höhe z infolge von böenerregten Schwingungen in Windrichtung (siehe prEN 1991-1-4:2024, J.2.2.3(1))
R_b	Radius zum Mittelpunkt der Schraubenlöcher in Ringflanschen
R_f	Radius zum äußeren Rand des Ringflansches
R_m	mittlerer Radius des Tragrohrs
S_p	gesamte effektive Lasteinwirkung der zusätzlichen Belastungen für Maste (siehe prEN 1991-1-4:2024, J.3.3.2.4(3))
T_{life}	geplante Nutzungsdauer des Tragwerks, in Jahren
W_u	Widerstandsmoment bei Biegung um die u-u-Achse
$W_{eff,u}$	wirksames Widerstandsmoment bei Biegung um die u-u-Achse
$W_{el,u}$	elastisches Widerstandsmoment für die Biegung um die u-u-Achse
W_v	Widerstandsmoment für die Biegung um die v-v-Achse
$W_{eff,v}$	wirksames Widerstandsmoment für die Biegung um die v-v-Achse
$W_{el,v}$	elastisches Widerstandsmoment für die Biegung um die v-v-Achse

3.2.3 Lateinische Kleinbuchstaben

$\bar{b}$	Schenkellänge eines Winkelprofiles
c_{ext}	äußerer Korrosionszuschlag
c_{int}	innerer Korrosionszuschlag
e	Exzentrizität

$f_{y,f}$	Streckgrenze des Flansches
h_s	Ganghöhe der Wendeln
i_v	Trägheitsradius für die Biegung um die v-v-Achse
k_b	Beiwert zur Erhöhung der Zugspannungen der Tragrohre, berechnet nach der Balkentheorie
k_2	Koeffizient zur Berechnung des Bemessungswerts des Zugkraftwiderstands einer geschraubten runden Flanschverbindung
k_3	Koeffizient zur Berechnung des Bemessungswerts des Zugkraftwiderstands einer geschraubten runden Flanschverbindung
k_{uu}, k_{vu}, k_{vv}	Interaktionsbeiwerte für Bauteile aus Winkelprofilen unter Biegung und Drucknormalkraft
l_s	Länge der Wendeln
m	negativer Kehrwert der Neigung der Ermüdungsfestigkeitskurve
$m_{pl,Rd}$	plastische Biegemomententragfähigkeit des Flansches
m_y	Biegemomente in Umfangsrichtung je Längeneinheit
p	prozentualer Anteil der Normalkraft
q_p	Spitzengeschwindigkeitsdruck
r_1	Radius des konvexen Teils des Kalottenlagers
r_2	Radius des konkaven Teils des Kalottenlagers
t_f	Dicke des Ringflansches
t_s	Tiefe der Wendeln
u	Auslenkung
u_{dyn}	dynamische Auslenkung
u_{stat}	statische Auslenkung

3.2.4 Griechische Großbuchstaben

$\Delta\sigma_C$	Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit bei $N_c = 2 \times 10^6$ Schwingspiele
$\Delta\sigma_E$	Spannungsschwingbreite in Zusammenhang mit N Schwingspielen
θ_1	Hilfswinkel bei Kalottenlagern
θ_2	Hilfswinkel bei Kalottenlagern
ϕ	Neigung der Mastachse am Fuß

ψ Stoßfaktor

3.2.5 Griechische Kleinbuchstaben

$\alpha_{2,u}, \alpha_{3,u}, \alpha_{4,u}$	Widerstandsbeiwerte für Winkelprofile bei Biegung um die u-u-Achse in Abhängigkeit von der Querschnittsklasse
$\alpha_{2,v}, \alpha_{3,v}, \alpha_{4,v}$	Widerstandsbeiwerte für Winkelprofile bei Biegung um die v-v-Achse in Abhängigkeit von der Querschnittsklasse
γ_{Ff}	Teilsicherheitsbeiwerte für Ermüdung
γ_{Mt}	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Abspannseilen und deren Seilköpfe
δ_s	logarithmisches Dekrement der Strukturdämpfung
$\chi_{\min}$	Mindest-Abminderungsfaktor bei Biegeknicken von Winkelprofilen
χ_u, χ_v	Abminderungsfaktor infolge Biegeknicken um die u-u-Achse bzw. um die v-v-Achse
λ	Schlankheitsgrad für den maßgebenden Knickfall
$\bar{\lambda}_p$	bezogener Schlankheitsgrad für Plattenbeulen
$\bar{\lambda}_{Sv}$	bezogener Schlankheitsgrad für Biegeknicken von mehrteiligen Bauteilen unter Berücksichtigung der Schubsteifigkeit
$\bar{\lambda}_v$	bezogener Schlankheitsgrad für die v-v-Achse
$\bar{\lambda}_{\text{eff}}$	wirksam bezogener Schlankheitsgrad
$\bar{\lambda}_p$	bezogener Schlankheitsgrad für Plattenbeulen
ξ	Schadenäquivalenzbeiwert, um $\Delta\sigma$ auf $N_c = 2 \times 10^6$ Schwingenspiele umzurechnen
ξ	Exponent der Interaktionsgleichungen für Winkelprofile
ρ	Abminderungsbeiwert zur Bestimmung des Bemessungswerts der abgeminderten Momentenbeanspruchbarkeit nach Plastizitätstheorie unter Berücksichtigung von Querkraften
ρ_u	Abminderungsfaktor zur Bestimmung des Widerstands von Klasse-4-Winkelprofilen bei Biegung um die u-u-Achse
ρ_v	Abminderungsfaktor zur Bestimmung des Widerstands von Klasse-4-Winkelprofilen bei Biegung um die v-v-Achse
ψ	Verhältnis von Endmomenten in einem Trägerabschnitt oder Spannungsverhältnis
ψ_1	Koeffizient
ω	Abminderungsfaktor der Knickfestigkeit von Einzelwinkeln

3.3 Definition der Querschnittsachsen

(1) Die Definition der Querschnittsachsen von in diesem Dokument behandelten Standardbauteilprofilen entspricht EN 1993-1-1:2022, Bild 3.1.

(2) Für mehrteilige Bauteile gilt die Definition der Bauteilachsen nach EN 1993-1-1:2022, 8.4.

(3) Für Winkel mit einem Öffnungswinkel von 60° siehe Bild 3.1.

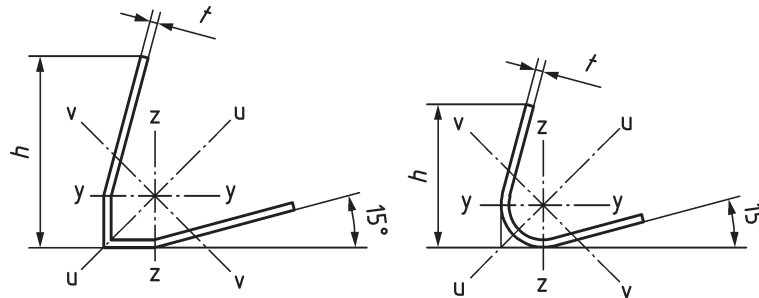


Bild 3.1 — Maße und Achsen von Winkelprofilen mit einem Öffnungswinkel von 60°

4 Grundlagen der Bemessung

4.1 Allgemeine Bemessungsregeln

(1) Die Bemessung von Türmen, Masten und Schornsteinen muss in Übereinstimmung mit den allgemeinen Regeln von EN 1990 und Normenreihe EN 1991 sowie mit den spezifischen Bemessungsvorschriften für Stahltragwerke nach Normenreihe EN 1993-1 erfolgen.

(2) Tragwerke, die nach diesem Dokument bemessen und konstruiert werden, müssen nach EN 1090-2, EN 1090-4 und Anhang E mit den in den zutreffenden Teilen von EN 1993 oder, im Fall von anderen Baustoffen als Stahl, mit den in den maßgebenden Werkstoff- und Produktspezifikationen festgelegten Baustoffen und -produkten ausgeführt werden.

(3) Für die Bemessung, Konstruktion und Instandhaltung von Schornsteinen müssen die in EN 13084-9 festgelegten grundlegenden Anforderungen zusätzlich zu den Anforderungen von EN 1993-1-1:2022, Abschnitt 4, angewendet werden.

(3) Auf einer oder mehreren Ebenen abgespannte Tragwerke, die in die Versagensfolgeklasse 3 eingestuft werden (wie in EN 1990:2023, Abschnitt A.3, definiert), sollten so bemessen sein, dass sie dem Bruch eines Abspannseils ohne Versagen standhalten. Siehe Anhang D (normativ) für die Überprüfung von abgespannten Masten auf Seilbruch.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Informationen zum Seilbruch enthalten.

4.2 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

4.2.1 Ständige Einwirkungen

4.2.1.1 Eigengewichte

(1) Das Eigengewicht sollte in Übereinstimmung mit EN 1991-1-1 ermittelt werden.

(2) Das Eigengewicht von Abspannseilen sollte in Übereinstimmung mit EN 1993-1-11 ermittelt werden.

(3) Die ständigen Einwirkungen sollten das abgeschätzte Eigengewicht aller ständig vorhandenen Bauteile und anderer Elemente, einschließlich aller Anschlüsse, Beschichtungen und anderer Lasten, einschließen.

(4) Das Eigengewicht von Schornsteinen und deren Innenrohren sollte unter der Berücksichtigung von Dämmmaterialien und der Langzeitwirkungen von Staublasten, Ascheanbackungen, Fluiden oder Feuchte auf die Dichte der Innenrohre, soweit maßgebend, bestimmt werden.

(5) Bei der Berechnung des Eigengewichts sollte die volle Dicke des Tragwerks ohne korrosionsbedingte Abminderungen betrachtet werden. Hat das Eigengewicht einen günstigen Einfluss, sollte die korrosionsbedingte Dickenminderung berücksichtigt werden.

4.2.1.2 Vorspannungen in Abspannseilen

(1) Die Vorspannungen in Abspannseilen sollten als ständige Kräfte betrachtet werden, die der Vorspannung des Abspannseils entsprechen, siehe EN 1993-1-11.

(2) Es sollten Nachstellmöglichkeiten für die Vorspannungen in Abspannseilen vorhanden sein. Sind diese Nachstellmöglichkeiten nicht vorhanden, sollte der Bereich der Vorspannungen, der entstehen könnte, angemessen bei der Bemessung berücksichtigt werden, siehe EN 1993-1-11.

(3) Siehe E.6.2.3 für Empfehlungen zu Werten von Vorspannungen in Abspannseilen.

4.2.2 Veränderliche Einwirkungen

4.2.2.1 Windeinwirkungen

(1) Windeinwirkungen sollten nach EN 1991-1-4 angesetzt werden.

(2) Windlasten sollten auf die Außenflächen des Tragwerks und auf die dem Wind ausgesetzten Anbauteile, wie beispielsweise eine Steigleiter, angewendet werden.

(3) Wirbelablösungen, die Querschwingungen verursachen, sollten berücksichtigt werden.

(4) Ungleiche Winddruckverteilung (ovalisierende Querschnittsverformung) oder Interferenzeffekte sollten berücksichtigt werden, wenn die maßgebenden Grenzwerte überschritten werden, siehe 7.4.

(5) Interferenz-Galloping, klassisches Galloping und durch Regen/Wind induzierte Schwingungen sollten berücksichtigt werden, wenn die maßgebenden Grenzwerte überschritten werden, siehe EN 1991-1-4.

(6) Durch Wind induzierte Schwingungen können durch das Einbauen von Dämpfungsvorrichtungen oder durch aerodynamische Maßnahmen verringert werden. Siehe Anhang A (normativ) zur Verwendung von Dämpfungsvorrichtungen, wenn Schwingungen zu Schäden oder zur Überschreitung der Kriterien des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit führen können.

(7) Abminderungen aufgrund temporärer Nutzung dürfen nach EN 1991-1-4 erfolgen.

4.2.2.2 Atmosphärische Eislasten

(1) Eislasten sollten nach EN 1991-1-9 angesetzt werden.

(2) Einwirkungen durch Eislasten sollten sowohl hinsichtlich ihrer Schwerewirkungen als auch hinsichtlich ihres Einflusses auf die Windeinwirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG An Standorten, die Eislasten ausgesetzt sind, kann die Eisbildungsdicke an Tragwerken stark zunehmen, und der erhöhte Windwiderstand infolge der vereisten Bauteile kann in Kombination mit Wind die Bemessung stark beeinflussen.

(3) Windlasten an vereisten Tragwerken sollten nach EN 1991-1-4 angesetzt werden.

(4) Bei der Abschätzung der Masse des Eises an Gittertragwerken darf üblicherweise angenommen werden, dass alle tragenden Bauteile, Steigleiterteile, Außenanbauten usw. mit einer Eisschicht überzogen sind, die über die gesamte Bauteiloberfläche die gleiche Dicke aufweist, siehe Bild 4.1.

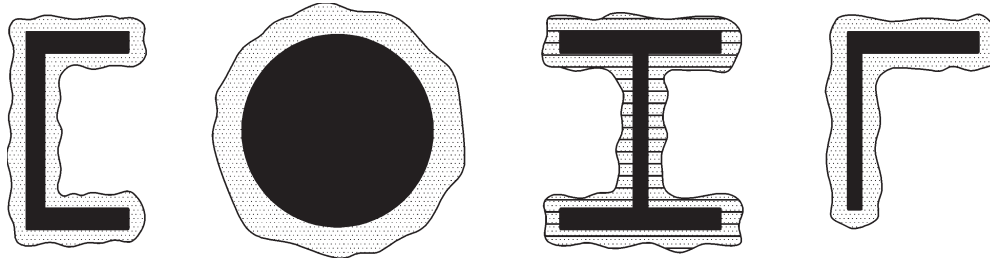


Bild 4.1 — Dicke der Eisschicht an tragenden Bauteilen

(5) Es sollte berücksichtigt werden, dass der Eisansatz an Türmen und Masten asymmetrisch erfolgen kann.

ANMERKUNG Asymmetrischer Eisansatz kann bei solchen Masten von besonderer Bedeutung sein, bei denen der Eisansatz an den verschiedenen Abspannseilen sehr unterschiedlich sein kann und dadurch Biegewirkungen im Mastschaft hervorgerufen werden können. Asymmetrische Vereisung an den Abspannseilen kann teilweise durch asymmetrisches Entstehen der Eisschicht aufgrund der Windrichtung und teilweise durch ungleichmäßiges Abfallen des Eises von den Abspannseilen verursacht werden.

(6) Asymmetrischer Eisansatz an einem Mast sollte berücksichtigt werden, indem die normative Eislast auf den Mastschaft und auf alle Abspannseile aufgebracht wird, abgesehen von:

- dem Seil bzw. den Seilen einer Richtung der obersten Abspannebene; und als getrennter Fall:
- dem Seil bzw. den Seilen in zwei Richtungen der obersten Abspannebene.

(7) Wird ein Tragwerk, an dem Eisbildung zu erwarten ist, in der Nähe von Verkehrsflächen oder Gebäuden errichtet, sollte das Risiko für Schäden durch das Auftreffen von herunterfallendem Eis nach EN 1991-1-9 berücksichtigt werden.

4.2.2.3 Temperatureinwirkungen

(1) Temperatureinwirkungen sollten nach EN 1991-1-5 im Hinblick auf die Umgebungstemperaturen bestimmt werden.

(2) Im Fall von Schornsteinen sollten die Temperaturen durch den Betrieb berücksichtigt werden, siehe EN 13084-1.

(3) Die Temperatureinwirkungen sollten sich aus einer sich gleichmäßig über das Tragwerk erstreckenden Temperatur und aus Einwirkungen durch Temperaturunterschiede zusammensetzen, die durch meteorologische und betriebliche Einflüsse, einschließlich solcher infolge von ungleichmäßiger Gasströmung, verursacht werden.

4.2.2.4 Verkehrslasten

(1) Öffentlich zugängliche Türme sollten als Gebäude mit veränderlichen Einwirkungen nach EN 1991-1-1 behandelt werden.

(2) Bauteile mit einer Neigung gegenüber der Horizontalen von bis zu 30° sollten so bemessen sein, dass sie in der Lage sind, das Gewicht einer Person zu tragen; dieses Personengewicht darf als vertikale Einzellast von 1,0 kN angenommen werden.

(3) Lasten durch Montageausrüstungen sollten berücksichtigt werden.

(4) Lasten durch Personen auf Arbeitsbühnen und Geländer sollten berücksichtigt werden.

(5) Die folgenden Lasten durch Personen und Montageausrüstungen sollten berücksichtigt werden, sofern keine höheren Lasten festgelegt sind:

- a) für Steigleitern und ähnliche zugängliche Teile: eine vertikale Punktlast von 1,5 kN;
- b) für Arbeitsbühnen und ähnliche zugängliche Teile: eine verteilte vertikale Last von 2,0 kN/m² oder eine vertikale Punktlast von 1,5 kN an der ungünstigen Stelle, je nachdem, was für den jeweiligen Nachweis maßgebend ist;
- c) im Fall von Arbeitsbühnen, die mit Montageausrüstungen belastet werden können, sollten folgende Lasten berücksichtigt werden, sofern keine höheren Lasten festgelegt sind: eine vertikale Punktlast von 3 kN an der ungünstigsten Stelle;
- d) für alle Arbeitsbühnen, Steigleitern und ähnliches: horizontale Lasten durch die Bewegung einer Person und durch Windeinwirkung auf diese Person: eine horizontale Last von 0,5 kN;
- e) für Geländer: eine horizontale Last von 0,5 kN/m.

(6) Wenn der Zugang zum Bauwerk bei starkem Wind oder Vereisung verboten ist, dann darf der entsprechende Kombinationsbeiwert für temporäre Lasten durch Personen und Ausrüstungsgegenstände bei vorherrschendem Wind oder Eis mit 0 angesetzt werden.

ANMERKUNG Für Steigleitern, Arbeitsbühnen und Geländer für den ortsfesten Zugang zu maschinellen Anlagen kann die Normenreihe EN ISO 14122 berücksichtigt werden.

4.2.2.5 Besondere Einwirkungen auf Schornsteine

(1) Für Schornsteine sollten die folgenden Einwirkungen berücksichtigt werden (siehe EN 13084-1, EN 13084-6 und EN 13084-7):

- direkte oder indirekte chemische Einwirkungen durch die Abgase an den Stützkonstruktionen aus Stahl;
- Einfluss des Innendrucks durch die Abgase;
- Feuer im Rauchabzugskanal;
- Explosion und Implosion.

(2) Das Tragwerk sollte infolge der Brandeinwirkung nicht versagen; auch andere Teile in der Nähe des Schornsteins sollten nicht bis zu ihrer Entflammungstemperatur erhitzt werden.

4.2.3 Sonstige Einwirkungen

(1) Erdbebeneinwirkungen sollten nach EN 1998 bestimmt werden.

(2) Einwirkungen während der Bauausführung sollten unter Beachtung des Bauausführungsplans und vorübergehender Bemessungssituationen berücksichtigt werden. Die entsprechenden Lastkombinationen und Abminderungsfaktoren dürfen EN 1991-1-6 entnommen werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Informationen zur Auswahl der Lastkombinationen, zu den Lasten und zu den Kombinationsbeiwerten während der verschiedenen Phasen der Bauausführung enthalten.

(3) In dem Fall, dass außergewöhnliche Einwirkungen und Einwirkungen durch Anprall berücksichtigt werden sollten, siehe EN 1991-1-7.

(4) Wenn als notwendig erachtet, sollten die Einwirkungen infolge Fundamentsetzung berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere für Gittertürme, bei denen die Eckstiele auf Einzelfundamenten stehen, sowie auf Maste, bei denen ungleichmäßige Setzungen zwischen dem Mastschaftfundament und den Seilverankerungen auftreten können.

(5) Einwirkungen aus der Befestigung und Verankerung von Absturzschutzausrüstungen dürfen nach EN 795 ermittelt werden. Wenn die empfohlene sichere Arbeitsweise den Einsatz von Arbeitsplatzpositionierungssystemen oder von mobilen Auffangsystemen erfordert, sollten die Anschlagpunkte dafür geeignet sein, siehe EN 365.

4.3 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Für die Bemessungswerte von Einwirkungen, für Kombinationsbeiwerte und für Teilsicherheitsbeiwerte siehe EN 1990. Die Teilsicherheitsbeiwerte für Schwergewichtslasten und die Mittelwerte der Vorspannungen in Abspannseilen sollten entsprechend den Festlegungen in EN 1990:2023, Abschnitt A.3, angesetzt werden.

4.4 Versuchsgestützte Bemessung

(1) Werden Tragwerke oder Teile davon einem abgestimmten Versuchsprogramm im Maßstab 1 : 1 unterzogen, sollten die in EN 1990 festgelegten allgemeinen Anforderungen erfüllt sein.

(2) Das logarithmische Dekrement der Strukturdämpfung darf durch Versuche ermittelt werden.

ANMERKUNG Hinweise für die Bestimmung von δ_s sind in A.6.2 angegeben.

5 Baustoffe

5.1 Baustahl

5.1.1 Allgemeines

(1) Für die Anforderungen und Eigenschaften von Baustahl siehe EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-4 und EN 1993-1-11.

5.1.2 Baustoffeigenschaften

(1) Die Veränderung der mechanischen Eigenschaften der Stähle aufgrund der Umgebungs- und Betriebstemperaturen sollte beachtet werden, siehe 5.1.2(5) und 5.1.2(6).

(2) Für die Zähigkeitsanforderungen von Baustahl siehe EN 1993-1-1:2022, 5.2.3 und EN 1993-1-10. Kann am Tragwerk während seiner Nutzungsdauer Eisansatz auftreten, sollten die resultierenden niedrigen Temperaturen bei der Festlegung der Zähigkeitsanforderungen berücksichtigt werden.

(3) Für die Zähigkeitsanforderungen von nichtrostendem Stahl siehe prEN 1993-1-4:2023, 2.1.4 und EN 1993-1-10.

(4) Bei Schornsteinen, bei denen die Temperaturen über 400 °C liegen, sollten die Auswirkungen des temperaturbedingten Kriechens berücksichtigt werden, um Kriechbrüche zu vermeiden, siehe EN 13084-6.

(5) Für die Eigenschaften des Baustahls und des nichtrostenden Stahls von Schornsteinen bei hohen Temperaturen siehe EN 13084-7. Die Temperatur durch die Abgase sollte berücksichtigt werden, wenn sie die Temperatur der tragenden Teile des Bauwerks direkt beeinflusst. Weitere Hinweise sind in EN 13084-6 enthalten.

5.2 Verbindungsmittel

(1) Für die Anforderungen und Eigenschaften von Schrauben und Schweißzusätzen siehe EN 1993-1-8.

5.3 Abspannseile und Seilendverbindungen

(1) Für die Anforderungen und Eigenschaften von Seilen, Litzen, Drähten und Seilendverbindungen siehe EN 1993-1-11 und Anhang B (normativ).

6 Dauerhaftigkeit

6.1 Allgemeines

(1) Die Dauerhaftigkeit sollte durch Übereinstimmung mit dem Nachweis der Bemessungssituation mit Ermüdungseinwirkung (siehe Abschnitt 10) und durch geeigneten Korrosionsschutz sichergestellt werden.

(2) Die geplante Nutzungsdauer sollte den Festlegungen der zuständigen Behörde entsprechen oder, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden, siehe EN 1990:2023, A.3.3.

6.2 Korrosion

(1) Abhängig von dem Standort des Tragwerks, dessen geplanter Nutzungsdauer und dem Instandhaltungsplan sollten geeignete Korrosionsschutzmaßnahmen vorgesehen werden.

ANMERKUNG Zusätzliche Informationen zum Korrosionsschutz können EN 1090-2 entnommen werden.

(2) Nicht abgedichtete Hohlraumstrukturen sollten ausreichend be- und entlüftet werden, um Kondensation zu vermeiden, siehe EN ISO 12944-3.

(3) Alle Verbindungen sollten so bemessen werden, dass der Verbleib von Feuchte ausgeschlossen oder auf ein Mindestmaß begrenzt wird, insbesondere im Fall von wetterfesten Stählen.

ANMERKUNG Die folgenden Maßnahmen können als gute Praxis angewendet werden:

- a) zum Beispiel werden die Ausrichtung der Bauteile, Rand- und Lochabstände usw. in die Überlegungen miteinbezogen, oder es wird ein besonderer Schutz dieser Verbindungen vorgesehen;
- b) im Fußbereich des Tragwerks wird die Vegetation von dem Bauwerk ferngehalten; und
- c) eine direkte Einbetonierung in das Erdreich wird vermieden und die Fundamentbefestigungen werden beschichtet, um mögliche Korrosion infolge von Kontakt mit dem Erdreich und ständigem Kontakt mit Feuchte auf ein Mindestmaß zu begrenzen.

6.3 Korrosionszuschlag für Schornsteine

(1) Der Korrosionszuschlag sollte die Summe aus äußeren (c_{ext}) und inneren (c_{int}) Zuschlägen sein. Soweit maßgebend, sollten diese Zuschläge insgesamt oder anteilig für jeden weiteren 10-Jahres-Zeitraum angesetzt werden, wie in Tabelle 6.1 festgelegt.

(2) Dieser gesamte Zuschlag sollte zu der Dicke hinzugerechnet werden, die notwendig ist, um die Anforderungen an die Festigkeit und Stabilität der Bauteile zu erfüllen.

6.3.1 Äußerer Korrosionszuschlag

(1) Der äußere Korrosionszuschlag sollte an die Umgebungsbedingungen angepasst sein.

(2) Für die Korrosivitätskategorien C2 bis C4 nach EN ISO 12944-2 werden die Werte von Tabelle 6.1 für den äußeren Korrosionszuschlag empfohlen.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann andere Werte für den äußeren Zuschlag c_{ext} als die in Tabelle 6.1 angegebenen enthalten.

ANMERKUNG 2 Zusätzliche Informationen zum Materialverlust bei feuerverzinktem Stahl können EN ISO 12944-2:2017, Tabelle 1, entnommen werden.

Tabelle 6.1 (NDP) — Äußerer Korrosionszuschlag c_{ext} in mm

Schutzsystem	Oberer Teil ^a Beanspruchungsdauer		Unterer Teil (vollständige Beanspruchungs- dauer) ^b
	für die ersten 10 Jahre	für jeden weiteren 10-Jahres-Zeitraum	
Beschichteter Kohlenstoffstahl (ohne Konzept für einen Neuanstrich)	0	1	0
Beschichteter Kohlenstoffstahl (mit einem Konzept für den Neuanstrich)	0	0	0
Beschichteter Kohlenstoffstahl, durch Wärme- dämmung und wasserdichte Beplankung geschützt	0	1	1
Ungeschützter Kohlenstoffstahl	1,5	1	3
Ungeschützter wetterfester Stahl	0,5	0,3	1
Unbeschichteter wetterfester Stahl, durch Wärme- dämmung und wasserdichte Beplankung geschützt	0	0	0
Ungeschützter nichtrostender Stahl	0	0	0
^a Der obere Teil gilt für den oberen Abschnitt des Schornsteins mit einer Länge von $5D$, wobei D der Außendurchmesser des Schornsteins ist.			
^b Es dürfen niedrigere Werte für kurze Nutzungsdauern verwendet werden, sofern dies gerechtfertigt ist.			

(3) Wenn sich der Standort eines Schornsteins in einer Umgebung der Korrosivitätskategorie C5 oder CX nach EN ISO 12944-2 befindet, sollte eine Erhöhung der Zuschläge betrachtet werden oder es sollten Schutzmaßnahmen umgesetzt werden.

6.3.2 Innerer Korrosionszuschlag

(1) Die Werte des inneren Korrosionszuschlags (c_{int}) für ein als Innenrohr genutztes Tragrohr sollten EN 13084-7 entsprechen.

(2) Der innere Korrosionszuschlag für die ungeschützte innere Oberfläche des Tragrohrs und die ungeschützte äußere Oberfläche des Innenrohres in einem doppelwandigen oder mehrzügigen Schornstein (für Kohlenstoffstahl oder wetterfesten Stahl) sollte 0,2 mm für die ersten 10 Jahre und danach 0,1 mm für jeden weiteren 10-Jahres-Zeitraum betragen.

6.4 Abspannseile

(1) Für die Abspannseile sollten, im Vergleich zum restlichen Tragwerk, besondere Anforderungen an den Korrosionsschutz berücksichtigt werden. Für Hinweise zum Korrosionsschutz von Abspannseilen siehe EN 1993-1-11.

(2) Bei der Bewertung, ob möglicherweise Schutzmaßnahmen notwendig sind, sollten die geplante Nutzungsdauer des Bauwerks sowie auch der eventuelle Austausch von Abspannseilen berücksichtigt werden (siehe 6.1(2)).

7 Tragwerksberechnung

7.1 Berechnungsmodelle zur Bestimmung von Schnittgrößen

7.1.1 Allgemeines

(1) Die Schnittgrößen sollten mit einer elastischen Tragwerksberechnung ermittelt werden, siehe EN 1993-1-1.

(2) Bei der Tragwerksberechnung dürfen die Eigenschaften des Bruttoquerschnitts angesetzt werden.

(3) Es sollte die Interaktion zwischen Boden und Bauwerk berücksichtigt werden, soweit diese von Bedeutung ist.

ANMERKUNG EN 1997 kann Hinweise zur Berechnung der Boden-Bauwerks-Interaktion geben.

(4) Bei der Tragwerksberechnung von abgespannten Tragwerken sollte berücksichtigt werden, welchen Einfluss Verformungen auf die Gleichgewichtsbedingungen (Theorie II. Ordnung) haben, siehe EN 1993-1-1:2022, 7.2.1, und auf das geometrisch nichtlineare Verhalten der Abspannseile haben, siehe EN 1993-1-11.

ANMERKUNG Freistehende Tragwerke können im Allgemeinen anhand der nicht verformten Geometrie berechnet werden (Theorie I. Ordnung).

(5) Für die Bauteile von aus Dreiecken bestehenden Gittermasten muss der in Anhang C festgelegte Grenzwert des Schlankheitsgrads erfüllt sein und ein Fachwerkmodell darf angewendet werden.

(6) In der Regel sollten alle über die Bauteillänge verteilten Lasten berücksichtigt werden, einschließlich der Lasten auf andere Bauteile, die mit dem betrachteten Bauteil verbunden sind.

(7) Bei aus Dreiecken bestehenden Gittermasten, die nicht anfällig sind für Ermüdung, dürfen Lasten als Punktlasten an den Knoten angesetzt werden (siehe auch 7.2(2)).

7.1.2 Schornsteine

(1) Eine mögliche Verbundwirkung zwischen dem Tragrohr und dem Innenrohr sollte in den Nachweisen im Grenzzustand der Tragfähigkeit von Schornsteinen im Allgemeinen vernachlässigt werden. Zwängungen des Innenrohrs, die sich ungünstig auf die Sicherheit des Tragrohrs auswirken können, sollten jedoch beachtet werden.

(2) Wenn Dämpfungseffekte durch die Interaktion zwischen dem Tragrohr und dem Innenrohr bei der Bemessung berücksichtigt werden, sollten sie durch Messungen nachgewiesen werden. Anderenfalls dürfen die in EN 1991-1-4 angegebenen Werte verwendet werden.

(3) Die Festigkeit und Stabilität des Innenrohrs sollten unter Berücksichtigung der vom Tragrohr aufgezungenen Verformung nachgewiesen werden.

(4) Die Auswirkungen der Temperatur auf die Steifigkeit und Festigkeit der für das Schornsteintragwerk verwendeten Stähle sollten berücksichtigt werden, siehe 5.1.2.

(5) Bei der Berechnung der Tragwerksantwort einschließlich Ermüdung sollte die Dicke infolge Korrosion verwendet werden. Der äußere und der innere Korrosionszuschlag sollten in Übereinstimmung mit 6.3 berücksichtigt werden. Falls eine Dicke ohne Korrosion zu ungünstigeren Spannungsbedingungen führen kann, sollte sie in einer separaten Bemessungssituation betrachtet werden.

7.2 Berechnungsmodelle für Verbindungen

(1) Das Verhalten der Verbindungen sollte bei der Tragwerksberechnung und bei den Detailnachweisen am Tragwerk berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Das Verfahren für die Berechnung von Verbindungen kann EN 1993-1-1:2022, 7.1.2, entnommen werden.

(2) Bei vollständig aus Dreiecken zusammengesetzten Tragwerken mit einfachen Verbindungen, die nicht anfällig für Ermüdung sind, darf davon ausgegangen werden, dass die Verbindungen zwischen den Bauteilen keine Momente entwickeln. Bei der Tragwerksberechnung darf deshalb davon ausgegangen werden, dass die Bauteile über wirksame Gelenkverbindungen verfügen. Die Verbindungen sollten die Anforderungen an gelenkige Verbindungen erfüllen, siehe prEN 1993-1-8:2023, 7.3.2.

(3) Die elastische Berechnung von aus Dreiecken bestehenden Tragwerken, bei denen die Durchlaufwirkung (Durchlaufsystem oder Durchlaufsystem mit verformbarer Verbindung) berücksichtigt wird, sollte auf einer zuverlässigen Vorhersage des Momenten-Rotations-Verhaltens oder Kraft-Verschiebungs-Verhaltens der eingesetzten Verbindungen beruhen.

(4) Bei der elastischen Berechnung von nicht aus Dreiecken bestehenden Tragwerken mit Durchlaufsystem sollte von der vollen Durchlaufwirkung ausgegangen werden, mit starren Verbindungen, die die Anforderungen von prEN 1993-1-8:2023, 7.3.2.3, erfüllen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann weitere Anforderungen an die Modelle von Verbindungen enthalten.

7.3 Imperfektionen

(1) Abgespannte Tragwerke dürfen ohne anfängliche globale Imperfektionen berechnet werden, wenn die Ausführungstoleranzen von E.6.2.2 erfüllt sind.

(2) Freistehende Tragwerke dürfen ohne globale Imperfektionen berechnet werden.

(3) Örtliche Imperfektionen des Tragrohrs sind bereits in den Festigkeitsgleichungen für den Beulwiderstand nach EN 1993-1-6 enthalten und dürfen bei der Tragwerksberechnung vernachlässigt werden.

(4) Örtliche Imperfektionen von Bauteilen mit Axialdruck sind in den Festigkeitsgleichungen für den Knickwiderstand enthalten, siehe Anhang C, und dürfen bei der Tragwerksberechnung vernachlässigt werden.

7.4 Berechnung des Tragrohrs

(1) Für die Berechnung der Schnittgrößen und Verformungen siehe EN 1993-1-6.

(2) Im Allgemeinen darf eine lineare Berechnung des Tragrohrs erfolgen, und zwar entweder mit analytischen oder mit Finite-Element-Methoden.

ANMERKUNG Regeln und Gleichungen für lineare Berechnungen von zylindrischen und konischen Schalen können EN 1993-1-6 entnommen werden.

(3) Wenn das Tragrohr wie ein Balken berechnet wird, entspricht die Anwendung der globalen Balkentheorie I. oder II. Ordnung der Beschreibung in 7.1.1(4).

(4) Bei nicht ausgesteiften vertikal angeordneten zylindrischen Schalen mit rundem Querschnitt und mit Aussteifungen an beiden Enden dürfen die Membranspannungen infolge äußerer Einwirkungen mithilfe der Membrantheorie ermittelt werden, bei der der Zylinder als Balken betrachtet wird und die Biegewirkungen der Schale, mit Ausnahme der Biegemomente in Umfangsrichtung infolge der ungleichmäßigen Verteilung des Winddrucks über den Umfang, vernachlässigt werden dürfen.

ANMERKUNG 1 Für nicht ausgesteifte vertikale zylindrische Schalen mit rundem Querschnitt mit einem Verhältnis von $H/R_m \geq 50$ können die Spannungen unter Annahme der Balkentheorie sicher berechnet werden, wobei die Biegespannungen vektoriell zu den querschnittsverformenden Spannungen aus den Umfangsbiegemomenten aufgrund des ungleichmäßigen Winddrucks addiert werden.

ANMERKUNG 2 Für nicht ausgesteifte vertikale zylindrische Schalen mit rundem Querschnitt (d. h. Schalen ohne Aussteifungsringe oder Flanschverbindungen) mit einem Verhältnis von $H/R_m < 50$ kann die Schalentheorie oder das Finite-Elemente-Modell unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Biegespannungen und querschnittsverformenden Spannungen angewendet werden. Dies kann zu einer Verringerung der Druckspannung am Fuß der Schale oder unmittelbar oberhalb von Durchmesseränderungen der Schale, aber an allen anderen Stellen zu einer Erhöhung der Druckspannungen führen. Ebenso kann dies zu einer Erhöhung der Zugspannungen am Fuß und unmittelbar oberhalb von Durchmesseränderungen führen, die bei der Herleitung der Schraubenspannungen von Bedeutung sein kann.

ANMERKUNG 3 Der Nationale Anhang kann Kriterien für die Vernachlässigung der Schalenwirkungen angeben.

(5) Wenn die Balkentheorie angewendet wird, darf die Erhöhung der Zugspannung am Fuß und unmittelbar oberhalb einer Durchmesseränderung näherungsweise bestimmt werden, indem die resultierenden Spannungen mit dem Faktor k_b multipliziert werden:

$$k_b = 1 + \frac{6 \cdot R_m^3}{H^2 \cdot t} \quad (7.1)$$

Dabei ist

H die Gesamthöhe der Schale;

R_m der mittlere Radius der Schale (d. h. in der Mitte der Schalendicke);

t die Schalendicke (nach Korrosion).

(6) Wenn die Balkentheorie angewendet wird, dürfen die Biegemomente in Umfangsrichtung je Längeneinheit näherungsweise wie folgt bestimmt werden:

$$m_y = 0,5 R_m^2 q_p \quad (7.2)$$

Dabei ist

q_p der Spitzenwinddruck, der an der Außenfläche eines Tragwerks wirkt, bestimmt nach EN 1991-1-4, wobei z die Höhe der Schale ist.

(7) Biegemomente in Umfangsrichtung infolge des Winddrucks (für Grundwindgeschwindigkeiten bis 25 m/s, siehe EN 1991-1-4) dürfen bei nicht ausgesteiften zylindrischen Schalen vernachlässigt werden, wenn:

$$R_m/t \leq 160 \text{ und } H/R_m > 50 \quad (7.3)$$

(8) Bei zylindrischen Schalen mit Ringsteifen und bei mehreren zusammengesetzten zylindrischen und konischen Schalen mit Ringsteifen dürfen die Membranspannungen unabhängig vom H/R_m - und vom R_m/t -Verhältnis nach der Membrantheorie ermittelt werden, wobei das Bauteil insgesamt als Balken angenommen wird.

(9) Die Biegewirkungen der Schale dürfen vernachlässigt werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- die zur Abtragung des Winddrucks vorgesehenen Ringsteifen sollten für die Aufnahme der Biegemomente in Umfangsrichtung bemessen sein;
- Ringsteifen, die in den Übergangsbereichen zwischen zylindrischen und konischen Teilen vorgesehen sind, sollten für die Aufnahme der Kräfte bemessen sein, die aus der Umlenkung der in Meridianrichtung wirkenden Membrankräfte resultieren.

(10) Die Schnittgrößen, die sich aus den obenstehenden Berechnungen ergeben, sollten sowohl für den Festigkeitsnachweis als auch für den Beulnachweis der Schale verwendet werden, siehe 8.2.3.

8 Grenzzustände der Tragfähigkeit

8.1 Allgemeines

(1) Es gelten die folgenden Teilsicherheitsbeiwerte γ_M :

- Querschnittstragfähigkeit (unabhängig von der Querschnittsklasse): γ_{M0} ;
- Bauteiltragfähigkeit gegenüber Instabilitäten: γ_{M1} ;
- Zugtragfähigkeit des Netto-Querschnitts: γ_{M2} ;
- Tragfähigkeit der Verbindungen: siehe EN 1993-1-8;
- Beanspruchbarkeit der Abspannseile und ihrer Seilköpfe: γ_{Mt} , siehe EN 1993-1-11;
- Beanspruchbarkeit von Isolatoren: γ_{Mi}

Es werden folgende Werte empfohlen:

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M1} = 1,10 \text{ für Tragrohre und } \gamma_{M1} = 1,00 \text{ für sonstige Tragwerke}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\gamma_{Mt} = 1,50$$

$$\gamma_{Mi} = 2,00$$

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann andere Werte für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M angeben.

ANMERKUNG 2 Der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mt} bezieht sich auf das Abspannseil und dessen Seilkopf (oder anderer Seilendverbindungen). Die zugehörigen Stahlbolzen, Verbinder und Bleche werden passend zu den Seilen und Seilköpfen bemessen und können einen höheren Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mt} erfordern. Für Einzelheiten siehe EN 1993-1-11.

8.2 Tragfähigkeit von Querschnitten und Bauteilen

8.2.1 Allgemeines

(1) Bei Tragwerken und Tragwerksteilen sollte die Klassifizierung der Querschnitte nach EN 1993-1-1:2022, 7.5, erfolgen.

(2) Die wirksamen Querschnittseigenschaften der Bauteile sollten nach FprEN 1993-1-5:2023, 4.3, und entsprechend den in dieser Norm angegebenen spezifischen Regeln berechnet werden.

(3) Druckbeanspruchte Bauteile in Gittermasten und -türmen sollten entsprechend den Bestimmungen von Anhang C bemessen werden.

ANMERKUNG 1 Für kaltgeformte Bauteile siehe EN 1993-1-3.

ANMERKUNG 2 Für die Festigkeit von Abspannseilen und Seilendverbindungen siehe EN 1993-1-11 und Anhang B. Besondere Bestimmungen sind außerdem in 8.3.4.1 angegeben.

ANMERKUNG 3 Die Festigkeit von Seilkonfektionen (Abspannseil mit Seilendverbindungen) kann sich durch das Biegen von Abspanndrähten um die Seilendverbindungen (Spannklemme, Seilkausche usw.) verringern.

8.2.2 Besondere Bestimmungen für Winkelprofile und Bauteile

(1) Die Querschnittsklasse sollte nach EN 1993-1-1:2022, Tabelle 7.4, mithilfe des Verhältnisses von Breite zu Dicke $(h - 2t)/t$ bestimmt werden.

(2) Für Klasse-4-Winkel sollte der Abminderungsfaktor ρ von EN 1993-1-5 mithilfe des Schlankheitsgrads $\bar{\lambda}_p$ unter Berücksichtigung der Breite $\bar{b}$ des gedrückten Winkelschenkels wie folgt berechnet werden:

a) bei gleichschenkligen Winkeln:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\bar{b}/t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} = \frac{(h - 2t)/t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} \quad (8.1)$$

b) bei nicht gleichschenkligen Winkeln:

$$\bar{\lambda}_{p,1} = \frac{\bar{b}/t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} = \frac{(h - 2t)/t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} \quad (8.2)$$

Und

$$\bar{\lambda}_{p,2} = \frac{\bar{b}/t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} = \frac{(b - 2t)/t}{28,4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} \quad (8.3)$$

ANMERKUNG Für k_{σ} siehe EN 1993-1-5. Für einen Winkelschenkel unter Druck gilt $k_{\sigma} = 0,43$.

(3) Bei mit nur einem Schenkel angeschlossenen Winkeln sollte sich der Abminderungsfaktor ρ nur auf den angeschlossenen Schenkel beziehen. Besondere Bestimmungen für mit nur einem Schenkel angeschlossene Winkel sind auch in FprEN 1993-1-8:2023, 5.11 (wenn geschraubt) oder 6.13 (wenn geschweißt), angegeben.

(4) Bei gleichschenkligen gedrückten Winkelprofilen:

- a) sollte Biegeknicken entsprechend den in EN 1993-1-1 angegebenen Bestimmungen nachgewiesen werden;
- b) darf Biegedrillknicken vernachlässigt werden.

ANMERKUNG Wenn gleichschenklige Winkelprofile und mehrteilige Bauteile einer Kombination von Druckkräften und Biegemomenten ausgesetzt sind, kann Anhang F angewendet werden.

(5) Bei nicht gleichschenkligen Winkelprofilen unter Druckbeanspruchung sollten Biegeknicken und Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1 und EN 1993-1-3 geprüft werden.

8.2.3 Besondere Bestimmungen für Bauteile mit polygonalen Querschnitten

(1) Die Klasse der polygonalen Querschnitte sollte nach EN 1993-1-1:2022, Tabelle 7.3 (beidseitig gestützte druckbeanspruchte Querschnittsteile) bestimmt werden.

(2) Die wirksamen Querschnitseigenschaften von polygonalen Querschnitten der Klasse 4 sollten nach EN 1993-1-5 bestimmt werden.

(3) Die in EN 50341-1 angegebenen Bestimmungen für polygonale Querschnitte der Klasse 4 dürfen ebenfalls angewendet werden.

(4) Biegeknicken von Bauteilen mit polygonalen Querschnitten sollte auf der Grundlage der in EN 1993-1-1:2022, 8.3.1.3, definierten Knicklinie c nachgewiesen werden.

8.2.4 Besondere Bestimmungen für Tragrohre

8.2.4.1 Nachweis der Tragfähigkeit

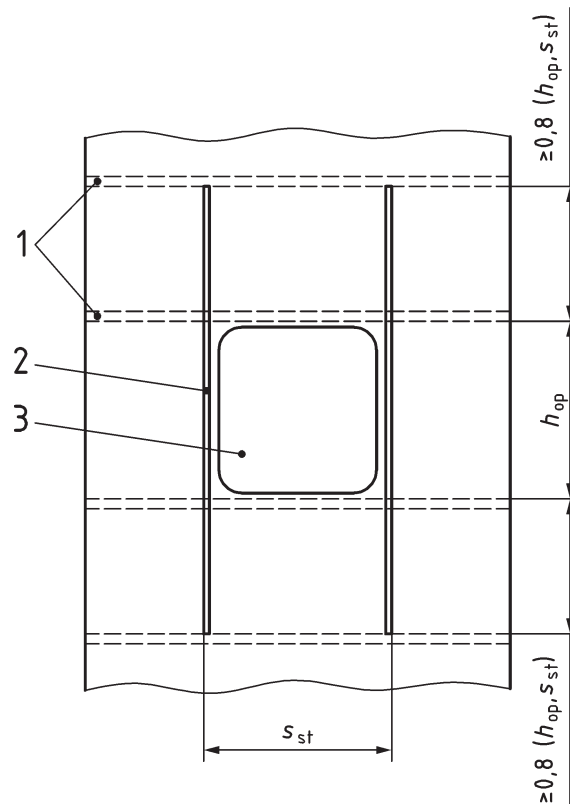
(1) Die Festigkeit des Tragrohrs und des Innenrohrs sollte gegen den Grenzzustand des plastischen Versagens, des Bruchs und der Stabilität nachgewiesen werden.

(2) Wenn das Tragrohr oder das Innenrohr für äußere Einwirkungen als Balken bemessen wird, siehe 7.4(4), sollte es nach EN 1993-1-1 unter Berücksichtigung der Querschnittsklasse nachgewiesen werden.

(3) In allen anderen Fällen sollte das Tragrohr oder das Innenrohr in Übereinstimmung mit den in EN 1993-1-6 angegebenen Verfahren nachgewiesen werden.

(4) Eine Schwächung der Querschnittsteile durch Öffnungen (z. B. Mannlöcher, Abgasöffnungen usw.) sollte durch entsprechend große, lokale Verstärkungselemente (z. B. „Aussteifungen“, wie in Bild 8.1 dargestellt) ausgeglichen werden, um den Querschnittsverlust zu kompensieren.

ANMERKUNG Lokale Tragrohrinstabilitäten und Ermüdungswirkungen können es erforderlich machen, Aussteifungen entlang der Ränder der Öffnung anzuordnen.



Legende

- 1 mögliche Ringsteifen
- 2 Längssteife
- 3 Öffnung

Bild 8.1 — Öffnungen mit Aussteifungen

(5) Wenn Längssteifen verwendet werden, sollte darauf geachtet werden, dass Zusatzspannungen in den Tragrohrwänden an den Enden der Längssteifen auftreten können.

(6) Längssteifen sollten ausreichend lang gewählt werden, damit sie in der Lage sind, die Spannungen in das Tragrohr einzuleiten.

(7) Die örtliche Spannungsverteilung darf im Allgemeinen als ausreichend erachtet werden, wenn sich die Aussteifungen oberhalb und unterhalb der Öffnung über einen Abstand von mindestens dem 0,8-fachen Abstand zwischen den Steifen oder der 0,8-fachen Höhe der Öffnung erstrecken, je nachdem, welcher Wert größer ist, und der Öffnungswinkel, gemessen in einem horizontalen Querschnitt, sollte weniger als oder gleich 120° betragen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann die Grenzen für die Öffnungen definieren.

(8) Zusätzliche Ringsteifen im Bereich des Öffnungsrandes und am Ende der Längssteifen dürfen zur Aufnahme der Biegespannungen in Umfangsrichtung eingesetzt werden.

(9) Ringsteifen sollten nach prEN 1993-1-6:2023, Anhang C, überprüft werden.

8.2.4.2 Nachweis der Stabilität

(1) Die Stabilität des Tragrohrs sollte nachgewiesen werden, indem es für den Grenzzustand der Tragfähigkeit auf lokales Schalenbeulen mithilfe der in prEN 1993-1-6:2023, Abschnitt 8, angegebenen Verfahren überprüft wird.

(2) Wenn das Tragrohr im Hinblick auf äußere Einwirkungen insgesamt als Balken berechnet wird, siehe 7.4(4), sollte das Konzept des spannungsbasierten Tragsicherheitsnachweises nach EN 1993-1-6 angewendet werden.

(3) Wenn die globale Balkentheorie II. Ordnung anzuwenden ist, siehe 7.4, sollte der Schalenbeulnachweis mit den Membrandruckspannungen in Meridianrichtung, welche die Effekte aus Theorie II. Ordnung enthalten, geführt werden.

8.2.4.3 Bemessung sonstiger Tragwerksteile eines Schalentragwerks

(1) Wenn das Tragsystem eines Schalentragwerks mit anderen tragenden Bauteilen verbunden ist, sollten die Festigkeit und Stabilität dieser Teile und deren Verbindungen nach 8.3, 8.2.1 und 8.2.2 nachgewiesen werden.

(2) Die Festigkeit und Stabilität von Innenrohren von doppelwandigen oder mehrzügigen Schornsteinen sollten auf die gleiche Weise wie für das Tragrohr nachgewiesen werden, siehe 8.2.4.1.

(3) Soweit maßgebend, darf der Schalenbeulnachweis eines Innenrohres wie ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis gehandhabt werden, siehe Abschnitt 9.

8.3 Anschlüsse

8.3.1 Allgemeines

(1) Für Anschlüsse siehe EN 1993-1-8.

(2) Die Teilsicherheitsbeiwerte für verschiedene Komponenten von Anschlüssen in Tragwerken, die von dieser Norm abgedeckt werden, sind in prEN 1993-1-8:2023, Tabelle 4.1, angegeben.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann andere Werte für die Teilsicherheitsbeiwerte festlegen.

ANMERKUNG 2 Für die Bauausführung siehe Anhang E.

ANMERKUNG 3 Für Schalen aus Stahl, die als Innenrohre und/oder Abgasverbindungsrohre genutzt werden, sind Informationen über die Gasdichtheit und die Isolierung von Anschlüssen in EN 13084-6 und EN 13084-7 angegeben.

8.3.2 Konfigurationen für geschraubte Flanschplattenanschlüsse

(1) Die folgenden Regeln gelten für die Verbindung zwischen zwei Eckstielen in Fachwerken mit entweder runden Hohlprofilen oder massiven Rundstäben.

(2) Wenn die Möglichkeit besteht, dass Zugkräfte auftreten können, sollten vorgespannte Schrauben oder Schrauben, die in Übereinstimmung mit E.4(5) angezogen sind, verwendet werden.

(3) Wenn erhebliche Ermüdungsbelastungen zu erwarten sind, sollten vorgespannte Schrauben verwendet werden. Wenn keine erheblichen Ermüdungsbelastungen zu erwarten sind (z. B. wenn die Schrauben nur während der Montage oder für eine kurze Dauer unter Spannung stehen), dürfen nicht vorgespannte Schrauben verwendet werden, vorausgesetzt, dass sie mithilfe von Sicherungselementen gegen Lockern nach EN 1090-2 gesichert werden.

(4) Der Bemessungswert des Zugkraftwiderstands $N_{t,Rd}$ einer geschraubten Rundflansch-Anschlusskonfiguration mit drei oder mehr Schrauben sollte als der kleinste Wert der folgenden Bemessungswerte des Widerstands angesetzt werden:

- Biegefließen des Flansches siehe a)
- Schraubenversagen siehe b)
- Schweißnahtversagen siehe EN 1993-1-8

Die Abmessungen eines geschraubten Rundflansches unter Spannung sind in Bild 8.2 angegeben.

a) Der Bemessungswert des Zugkraftwiderstands bei Biegung des Flansches sollte wie folgt bestimmt werden:

$$N_{t,f,Rd} = 2\pi m_{pl,Rd} \left[1 + \frac{1}{k_2} \right] \leq 2\pi m_{pl,Rd} n_b \cdot \text{Minimum} \left(2 \text{ oder } 1 + \frac{2 e'}{\pi m} \right) \quad (8.4)$$

Dabei ist

$$m_{pl,Rd} = \frac{t_f^2 f_{y,f}}{4\gamma_{M0}};$$

$f_{y,f}$ die Streckgrenze des Flansches;

$$k_2 = \ln \left(\frac{R_b}{R_m} \right);$$

n_b die Anzahl der Schrauben;

$$m = e_1 - \frac{t}{2} - 0,8\sqrt{2}a_{ws};$$

a_{ws} die Nahtdicke der Schweißnaht.

$$e' = \sqrt{R_f^2 - m^2} - R_b.$$

b) Der Bemessungswert des Zugkraftwiderstands von Schrauben sollte wie folgt ermittelt werden:

$$N_{t,b,Rd} = 2\pi m_{pl,Rd} + \sum F_{t,Rd} \left[1 - \frac{k_2}{k_3} \right] \text{ aber } N_{t,b,Rd} \leq \frac{1}{1,2} \sum F_{t,Rd} \quad (8.5)$$

Dabei ist

$\sum F_{t,Rd}$ der Gesamtwert von $F_{t,Rd}$ für alle Schrauben in der Verbindung;

$F_{t,Rd}$ der Bemessungswert des Zugkraftwiderstands einer Schraube, siehe EN 1993-1-8;

$$k_3 = \ln \left(\frac{R_b + n_o}{R_m} \right);$$

$$n_o = e_2 \leq 1,25e_1.$$

(5) Bei Vorhandensein einer Normalkraft und eines globalen Biegemoments darf das folgende konservative Verfahren angewendet werden:

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} + \frac{N_{j,Ed}}{N_{j,Rd}} \leq 1,0 \quad (8.6)$$

Dabei ist

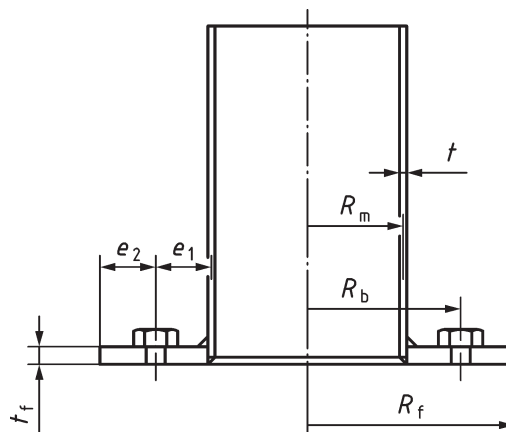
$M_{j,Rd}$ der kleinste Wert der Momententragfähigkeit der Verbindung, unter der Annahme, dass keine Normalkraft vorhanden ist:

$$M_{j,Rd} = N_{j,Rd} R_m / 2 \text{ aber } M_{j,Rd} \leq N_{c,Rd} R_m / 2;$$

$N_{t,Rd}$ der Bemessungswert des Zugkraftwiderstands der geschraubten Rundflanschverbindung (siehe (4));

$N_{c,Rd}$ der Bemessungswert des Druckwiderstands der Verbindung, gleich dem Bemessungswert der Tragfähigkeit der Schweißnähte, die das runde Hohlprofil oder den massiven Rundstab mit dem Ringflansch verbinden;

$N_{j,Rd}$ der Bemessungswert des Normalkraftwiderstands des Anschlusses, unter der Annahme, dass kein Moment aufgebracht wird.



$$N_{j,Rd} = \text{Min}(N_{c,Rd}; N_{t,Rd})$$

Bild 8.2 — Geschraubter Rundflansch unter Zugbeanspruchung

(6) Im Fall unterschiedlicher Durchmesser auf den beiden Seiten des Flansches sollte der Nachweis entsprechend den Regeln von 8.3.2 für beide Seiten erbracht werden.

8.3.3 Verbindung des Haupttragwerks mit dem Fundament oder der Stützkonstruktion

(1) Die Verbindung zwischen dem Tragrohr aus Stahl und dem Betonfundament oder der Stützkonstruktion muss dem Kippmoment, der Normalkraft und der Schubkraft standhalten, die sich am Schalenfuß entwickeln und in das Fundament eingeleitet werden.

(2) Wird ein Tragrohr aus Stahl mithilfe einer Fußplatte und Ankerstangen verbunden, sollte die Beanspruchung in den Stangen unter Berücksichtigung der Exzentrizität der von der Schale übertragenen Schnittkräfte berechnet werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann weitere Informationen zur Bemessung der Verbindungen mit dem Fundament angeben.

(3) Bei Ermüdungsbelastung sind die Ankerstangen vorzuspannen. In solchen Fällen gelten die Werkstoffanforderungen nach EN 1993-1-8.

ANMERKUNG 1 Für den Nachweis der Bemessungssituation mit Ermüdungseinwirkung siehe Abschnitt 10.

ANMERKUNG 2 Für die Wahl einer nicht vollen Vorspannung sind die Regeln für die Abstützkraft und die Spannungsniveaus der Kontaktpartner zu berücksichtigen, siehe EN 1993-1-8.

ANMERKUNG 3 Nicht vorgespannte Schrauben bzw. Ankerstangen können die Anforderungen an die Ermüdung erfüllen, wenn die Schwingungen mithilfe aerodynamischer oder dämpfender Maßnahmen deutlich reduziert werden.

(4) Wenn sich Öffnungen in der Nähe der Verbindung zwischen Tragwerk und Fundament befinden, sollte die Wirkung der Spannungsverteilung um die Öffnung herum und in der Nähe des Fundaments bei der Bemessung der Verbindung berücksichtigt werden (siehe 7.4).

8.3.4 Spezielle Verbindungen

8.3.4.1 Verbindungen der Abspannseile

(1) Alle Verbindungen der Abspannseile mit dem Tragwerk oder mit den Seilfundamenten sollten ein freies Verdrehen der Abspannseile um die Achsen senkrecht zur Seilachse ermöglichen, siehe EN 1993-1-11.

ANMERKUNG Bei Bolzenverbindungen kann die Verdrehfreiheit um eine Achse senkrecht zum Abspannseil in der das Seil enthaltenden Ebene durch Abrunden der Lochränder in der Mittelplatte für den Bolzen erzielt werden. Daneben können auch Kalottenlager oder selbst konzipierte kardanische Anschlüsse verwendet werden.

(2) Die Verbindungen nicht verdrehgesicherter Abspannseile sollten verdrehgesichert ausgebildet werden.

(3) Alle Bolzen sollten ausreichend gegen Herausfallen gesichert sein.

ANMERKUNG Sicherung z. B. durch Muttern mit Splint.

(4) Die Abspannbleche am Mast und die Seilanschlussbleche am Fundament sollten auch für die Querkraft aus seitlichem Wind auf das Seil bemessen werden.

(5) Schweißverbindungen sollten für Sicht- und zerstörungsfreie Prüfungen zugänglich sein.

8.3.4.2 Kalottenlager

(1) Die Bestimmung der Lagerpressung in dem Kalottenlager sollte entsprechend den Bemessungsregeln für Kipplager in EN 1337-6 erfolgen.

(2) Für den Nachweis, dass sich die Druckzone bei dem erwarteten Verdrehwinkel am Mastfuß (siehe Bild 8.3) innerhalb der Grenzen der Auflagerfläche befindet, und um die Biegemomente aus den Exzentrizitäten für die Bemessung des Lagers und des Querschnitts des Mastfußes zu ermitteln, sollten die folgenden Regeln zur Bestimmung von Exzentrizitäten angewendet werden:

Lagert der Mastfuß auf einem Kalottenlager, sollte berücksichtigt werden, dass sich der Kontaktpunkt in Richtung der möglichen Neigung der Mastachse durch Rollen über die Lageroberfläche bewegt.

Die Exzentrizitäten e_u und e_o (siehe Bild 8.3) sollten wie folgt bestimmt werden:

$$e_u = r_1 \times \sin(\psi_1) \quad (8.7)$$

$$e_o = r_2(\sin(\psi_1) - \sin(\phi)) \quad (8.8)$$

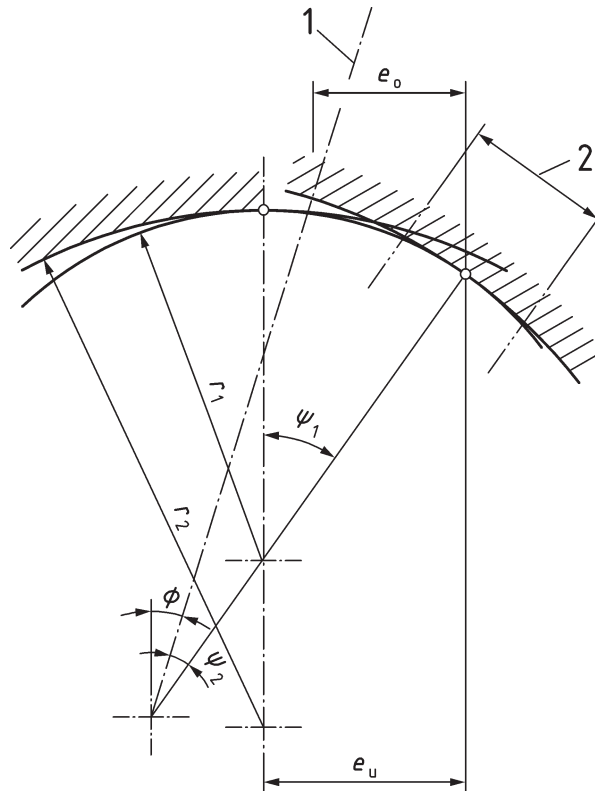
$$\psi_1 = \frac{r_2 \cdot \phi}{r_2 - r_1} \quad (8.9)$$

$$\psi_2 = \psi_1 - \phi \quad (8.10)$$

Wenn r_2 unendlich ist (d. h. eine flache Oberfläche), sollte e_o mit $e_o = r_1 \cdot \phi \cdot \cos(\phi)$ angesetzt werden.

Dabei ist

- r_1 der Radius des konvexen Lagerteils;
- r_2 der Radius des konkaven Lagerteils (Hinweis: $r_2 > r_1$);
- ϕ die Neigung der Mastachse am Mastfuß zur Vertikalen (in rad);
- e_u der radiale Abstand von der Mastachse, wenn $\phi = 0$, zum Schwerpunkt der Druckzone bei einer Neigung der Mastachse von ϕ ;
- ψ_1 der Winkel zwischen der Mastachse, wenn $\phi = 0$, und dem Schwerpunkt der Druckzone (in rad);
- ψ_2 der Winkel zwischen der Mastachse, wenn um ϕ gedreht, und dem Schwerpunkt der Druckzone (in rad).



Legende

- 1 Mastachse
- 2 Druckfläche

Bild 8.3 — Exzentrizitäten infolge der Neigung des Mastfußes

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Informationen zu Exzentrizitäten und Grenzwerte der Hertzschen Pressung geben.

(3) Es sollte nachgewiesen werden, dass die Pressungsfläche die Grenzen der Auflagerfläche nicht erreicht.

(4) Jede Vorrichtung zur Verhinderung der Torsionsverdrehung des Mastes am Mastfuß sollte so konstruiert sein, dass Verdrehungen um die horizontale Achse nicht behindert werden.

9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

9.1 Grundlage

(1) Maßgebende Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit in Zusammenhang mit dem Erscheinungsbild oder der effektiven Nutzung des Tragwerks sollten nach EN 1990:2023, A.3.5.2, berücksichtigt werden, einschließlich:

- der ordnungsgemäßen Funktionsweise von Antennen oder anderen Einrichtungen;
- dem Verlust der Signalübertragung;
- der Beunruhigung von umstehenden Personen;
- der Schäden an nicht tragenden Bauteilen.

(2) Die folgenden Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sollten bei der Bemessung als maßgebend berücksichtigt werden:

- Verformungen, z.B. Auslenkungen oder Verdrehungen;
- Schwingungen.

(3) Die Gebrauchstauglichkeitskriterien sollte für jedes Bauvorhaben festgelegt und mit den zuständigen Behörden vereinbart werden.

ANMERKUNG Der Aufstellende kann Folgendes berücksichtigen:

Für die Dauer der Überschreitung solcher Grenzwerte siehe prEN 1991-1-4:2024, Abschnitt F.8. Alternativ, wenn geeignete Aufzeichnungen vorliegen, kann die statistische Verteilung von Windgeschwindigkeiten entsprechend dem Standort durch Berechnung validierter Winddaten, die auf offenem Gelände so nahe wie möglich zum Standort erhalten wurden, ermittelt werden.

9.2 Auslenkungen und Verdrehungen

9.2.1 Anforderungen

(1) Vertikale und horizontale Auslenkungen und Verdrehungen sollten nach EN 1990:2023, A.3.7.2, berechnet werden.

9.2.2 Grenzwerte der Auslenkung

(1) Die Grenzwerte sollten nach EN 1990:2023, A.3.7.2, festgelegt werden.

(2) Bei Funk- und Flutlichtmasten sollten als zu berücksichtigenden Grenzwerte diejenigen angesetzt werden, die für Biege- und Torsionsdrehungen der Mastspitze beachtet werden. Bei Richtantennen sollten sich die Grenzwerte auf den Anschlusspunkt der Richtantenne beziehen.

(3) Bei selbsttragenden Strukturen sollte der Grenzwert der maximalen Verschiebung gleich $h/50$ sein, wenn keine strengeren Anforderungen gestellt werden.

(4) In einem doppelwandigen oder mehrzügigen Schornstein sollte der Einfluss von Verformungen oder Verschiebungen des Tragrohrs auf die Verteilung der Biegemomente im Innenrohr berücksichtigt werden.

9.3 Schwingungen

9.3.1 Anforderungen

(1) Tragwerke und Bauteile sollten hinsichtlich -Schwingungen untersucht werden (siehe EN 1990:2023, A.3.7.3), dazu gehören:

- böenerregte Schwingungen in Windrichtung;
- wirbelerregte Schwingungen (VIV, en: vortex induced vibrations) von Tragwerken mit prismatischen, zylindrischen, anderen Anbauten oder mit Umhüllungen;
- Galloping-Schwingungen;
- Regen-Wind-induzierte Schwingungen.

ANMERKUNG 1 Schwingungen können zu schneller Entwicklung von Ermüdungsschäden führen, siehe Abschnitt 10.

ANMERKUNG 2 Wenn bei Tragwerken die Gefahr von Windschwingungen vorhergesagt wird und nicht im Entwurf schwingungsreduzierende Maßnahmen getroffen werden, sollte Vorsorge für den möglichen späteren Einbau von Dämpfungsmaßnahmen getroffen werden.

ANMERKUNG 3 Galloping-Schwingungen und Regen-Wind-induzierte Schwingungen können durch einen guten Entwurf auf ein Mindestmaß begrenzt werden. Hinweise zu VIV-, Galloping und Regen-Wind können EN 1991-1-4 entnommen werden.

9.3.2 Grenzwerte

(1) Grenzwerte für die Gesamtauslenkungen durch Schwingungen können durch den Bauherrn vorgegeben werden. Gibt dieser keine Anforderungen vor, dürfen die Anforderungen von 9.2.2 angewendet werden.

(2) Es sollten die Grenzwerte von prEN 1991-1-4:2024, Anhang E, beachtet werden.

10 Ermüdung

10.1 Allgemeines

(1) Mögliche Ermüdungseinwirkungen, die aus den Spannungsschwingbreiten infolge der dynamischen Tragwerksantworten in Windrichtung und quer zur Windrichtung hervorgehen, sollten berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Wirbelerregte Schwingungen (VIV, en: vortex induced vibrations) können zu erheblichen Ermüdungsschäden führen.

ANMERKUNG 2 Bei Tragwerken, die nach dem äquivalenten statischen Verfahren von EN 1991-1-4 berechnet werden dürfen, ist die aerodynamische Dämpfung üblicherweise ausreichend, um den Ermüdungsschaden durch böenerregte Schwingungen zu begrenzen.

(2) Für den Nachweis der Bemessungssituation mit Ermüdungseinwirkungen sollten die Bestimmungen von EN 1993-1-9 und die Kerbfälle von prEN 1993-1-9:2023, Tabelle 9.11, angewendet werden.

(3) Die Wirkung möglicher sekundärer Biegemomente auf die Ermüdungsbeanspruchung in Gittermasten sollte beachtet werden.

ANMERKUNG Siehe 7.2(2), (3) und (4).

(4) Für Schornsteine, die bei Temperaturen über 400 °C eingesetzt werden, sollte die temperaturbedingte Schädigung zusätzlich zur Ermüdungsschädigung berücksichtigt werden.

10.2 Ermüdungsbelastung

10.2.1 Schwingungen in Windrichtung

(1) Eine Ermüdungsbelastung von freistehenden Tragwerken infolge von böenerregten Schwingungen in Windrichtung darf gewöhnlich vernachlässigt werden.

(2) Die Lebensdauer von Masten, die ausschließlich böenerregten Schwingungen ausgesetzt sind (ohne wirbelerregte Querschwingungen), darf größer als 50 Jahre angenommen werden, wenn Folgendes erfüllt ist:

- die Schrauben sind vorgespannt (siehe E.4(5));
- die Kerbfälle der Konstruktionsdetails sind größer als 71 MPa.

(3) Wenn die Bedingungen in (2) nicht zutreffen, sollten die gewählten Details überprüft werden, und es sollte ein Ermüdungsnachweis geführt werden. Für den Ermüdungsnachweis infolge Schwingungen in Windrichtung siehe EN 1991-1-4. Die folgende vereinfachte Vorgehensweise darf angewendet werden:

- a) Der Spannungs-Zeit-Verlauf infolge von Windböen wird bewertet, indem die jährliche Einwirkungsdauer verschiedener mittlerer Windgeschwindigkeiten aus unterschiedlichen Richtungen anhand von meteorologischen Aufzeichnungen für den Bauwerksstandort bestimmt wird. Die Spannungsschwankungen um die Mittelwerte können dann mit einer statistischen Normalverteilung angenommen werden, mit einer Standardabweichung, die der 1/4-fachen Schnittgröße in einem Bauteil entspricht. Die entsprechende Schnittgröße im Bauteil kann prEN 1991-1-4:2024, Anhang J entnommen werden:

Für Türme: $P_{t,W}(z) - P_{m,W}(z)$ (siehe prEN 1991-1-4:2024, J.2.2.3)

Für Maste: S_p (siehe prEN 1991-1-4:2024, J.3.3.2.4(3))

- b) Die Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_S$ kann als der 1,1-fache Wert der Differenz zwischen der Spannung, die sich aus der Einbeziehung des Böenreaktionsfaktors ergibt, und der Spannung aufgrund der mittleren 10-min-Windgeschwindigkeit angesetzt werden. Die äquivalente Anzahl N kann dann wie folgt ermittelt werden:

$$N = 10^5 T_{\text{life}}/50 \quad (10.1)$$

Dabei ist

T_{life} die geplante Nutzungsdauer des Tragwerks, in Jahren.

10.2.2 Auswirkungen von Querschwingungen auf das gesamte Tragwerk

(1) Die Ermüdungsbelastung von Türmen und Masten, die aus tragenden oder nicht tragenden prismatischen oder zylindrischen Elementen bestehen, sollte aus der Amplitude der maßgebenden Schwingform und der Anzahl der Schwingspiele N ermittelt werden.

ANMERKUNG Für die Ermüdungseinwirkungen siehe prEN 1991-1-4:2024, Anhang H.

10.2.3 Antwort einzelner Bauteile

(1) Einzelne schlanke Bauteile der Tragwerke sollten im Hinblick auf Querschwingungsanregungen nach EN 1991-1-4 bewertet werden.

ANMERKUNG 1 Obwohl durch die Beschränkung des Schlankheitsgrads nicht ausgeschlossen wird, dass Querschwingungen auftreten können, können die in C.5(1) und C.6(1) angegebenen Grenzen des Schlankheitsgrads im Allgemeinen ausreichen, um eine solche Anregung zu verhindern. Querschwingungen runder Diagonalen hinter runden Eckstielen mit größerem Durchmesser können besonders dann zu groß werden, wenn das Verhältnis des Durchmessers der Diagonalen zur Dicke (D/t) größer ist als 40 oder die Neigung der Diagonale größer ist als 45° zur Horizontalen — selbst dann, wenn die Schlankheitskriterien von Anhang C erfüllt sind. Für weitere Informationen siehe prEN 1991-1-4:2024, H.4.4.

ANMERKUNG 2 Wurden keine Messungen durchgeführt, kann das logarithmische Dekrement (δ_s) von prEN 1991-1-4:2024, Tabelle I.2, übernommen werden. Für einzelne Füllstäbe mit Schraubverbindungen kann $\delta_s = 0,015$ angewendet werden. Für andere Bauteile kann $\delta_s = 0,010$ angewendet werden.

ANMERKUNG 3 Eine Erhöhung der Dämpfung (durch mechanische Reibung, zusätzliche Dämpfer) kann eine Möglichkeit sein, solche Schwingungen zu reduzieren.

10.3 Sicherheitsbewertung

(1) Siehe EN 1993-1-9 für die Widerstände von tragwerkstypischen Bauteilen und EN 1993-1-11 für Abspannelemente.

(2) Wenn anstelle eines Korrosionsschutzsystems ein Korrosionszuschlag zur Blechdicke vorgesehen wird, sollte das Bauteil um eine Kerbfallklasse tiefer eingestuft werden als in den Tabellen der Kerbfallklassen angegeben, außer für die niedrigste Kerbfallklasse, für die eine Abminderung um 10 % vorgenommen werden sollte.

(3) Die Bewertungsgruppe ermüdungsbelasteter Schweißnähte am Tragrohr sollte mindestens die Bewertungsgruppe C nach EN ISO 5817 sein.

(4) Ermüdung in Fundamenten sollte unter Berücksichtigung der Spannungsschwankungen der Ankerstangen betrachtet werden.

ANMERKUNG Eine Mutter unterhalb der Flanschplatte verhindert die Vorspannung und erhöht die Spannungsschwankung der Ankerstangen deutlich.

(5) Die Teilsicherheitsbeiwerte für den Ermüdungsnachweis sollten nach EN 1993-1-9 angesetzt werden. Für γ_{Ff} wird der Wert $\gamma_{Ff} = 1,00$ empfohlen. Für γ_{Mf} werden die Werte in prEN 1993-1-9:2023, Tabelle 5.1, empfohlen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann andere Zahlenwerte für γ_{Ff} und γ_{Mf} angeben.

Anhang A (normativ)

Schwingungsdämpfer und aerodynamische Maßnahmen

A.1 Anwendung dieses Anhangs

(1) Dieser normative Anhang enthält zusätzliche Bestimmungen für Schwingungsdämpfer und aerodynamische Maßnahmen.

A.2 Anwendungsbereich

(1) Dieser Anhang beschreibt Möglichkeiten, winderregte Schwingungen auf ein ungefährliches Maß zu reduzieren.

(2) Solche Maßnahmen können eingesetzt werden, falls winderregte Schwingungen zu Schäden oder zur Überschreitung von Gebrauchstauglichkeitskriterien führen können.

A.3 Allgemeines

(1) Dämpfungsmaßnahmen dürfen bestehen aus:

- Schwingungsdämpfern;
- aerodynamischen Maßnahmen wie z. B. schraubenförmige Wendeln, Spoiler oder perforierte Blechmäntel;
- Seilverspannungen mit dämpfenden Eigenschaften; und
- Dämpfung gegen einen Fixpunkt.

(2) Ihre Wirkung sollte mithilfe theoretischer und/oder experimenteller Verfahren nachgewiesen werden.

(3) Es dürfen Prüfungen zum Nachweis der Funktionsfähigkeit, der Frequenzabstimmung und der Dämpfung des Systems vorgenommen werden. Im Rahmen der Prüfungen sollte eine Bescheinigung angefertigt werden, aus der hervorgeht, dass die erzielte Dämpfung mit den vorgelegten Berechnungen übereinstimmt. Diese Prüfungen dürfen am Tragwerk durchgeführt werden oder in Form von Werksabnahmeprüfungen erfolgen.

(4) Wenn Dämpfer verbaut sind, sollte ein Inspektions- und Instandhaltungsplan für die Dämpfer erstellt werden.

A.4 Schwingungsdämpfer

A.4.1 Dämpfer für das Tragwerk

(1) Es darf ein dynamischer Schwingungsdämpfer verwendet werden, um die Schwingungen zu reduzieren.

(2) Der Dämpfer sollte unter Berücksichtigung der Masse, der Eigenfrequenz, der Dämpfung und anderer wichtiger Parameter so bemessen und konstruiert werden, dass die Bauwerksdämpfung angehoben wird.

(3) Die erforderliche Größe der effektiven Dämpfung sollte aus einer Schwingungsberechnung und deren Ermüdungswirkungen bestimmt werden, siehe EN 1990:2023, A.3.8.3.

A.4.2 Direkte Dämpfung

(1) Die direkte Dämpfung darf für die betrachtete Betriebsart erbracht werden, indem ein Dämpfungselement zwischen dem Tragwerk und einem festen Punkt, sofern ein fester Punkt nahe des Tragwerks in einer geeigneten Höhe vorhanden ist, angebracht wird.

Für gekoppelte gleichartige Tragwerke mit identischer Eigenfrequenz ergibt sich keine Dämpfungserhöhung infolge der Kopplung.

A.4.3 Dämpfer für Seile

A.4.3.1 Allgemeines

(1) Um mögliche Seilschwingungen unter Windeinwirkung zu unterdrücken, sollte eine der folgenden Vorgehensweisen verfolgt werden:

- a) Liegt die Vorspannung über 10 % der Bemessungsbruchfestigkeit der Abspannseile, dürfen Seildämpfer installiert werden.
- b) Sind keine Seildämpfer angebracht, sollten die Abspannseile in den ersten Nutzungsjahren beobachtet werden, um sicherzustellen, dass keine übermäßigen Schwingungen auftreten. Ansonsten sollten Dämpfer wie in a) beschrieben installiert werden.

ANMERKUNG Für Schwingungen siehe prEN 1991-1-4:2024, Anhang J.

(2) Die Wirksamkeit von Dissipationsmaßnahmen sollte durch geeignete Versuche am fertiggestellten Tragwerk nachgewiesen werden.

A.4.3.2 Dämpfer zur Reduzierung der Wirbelerregung

(1) Geeignete Dämpfer sollten dort eingebaut werden, wo unzulässige wirbelerregte Schwingungen vorhergesagt werden oder beobachtet wurden. Die Dämpfer sollten den entsprechenden technischen Spezifikationen entsprechen. Das Frequenzband der zu dämpfenden Schwingungen sollte darin festgelegt sein.

A.4.3.3 Dämpfer zur Verhinderung von Galloping (einschließlich durch Regen/Wind induzierte Schwingungen)

(1) Galloping-Schwingungen und durch Regen/Wind induzierte Schwingungen können durch Kopplung von Abspannseilen in den Punkten maximaler Amplituden durch Kopplungsseile reduziert werden. Die Anschlüsse der Kopplungsseile an die Abspannseile sollten für Starkwindbedingungen nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Auch hängende Ketten können zur Dämpfung von Galloping-Schwingungen eingesetzt werden, wenn die Ketten über den maßgebenden Frequenzbereich wirksam sind.

A.5 Aerodynamische Dämpfungsmaßnahmen

(1) Aerodynamische Maßnahmen, wie Wendeln, perforierte Bleche oder Streifen, welche die regelmäßige Wirbelablösung stören, dürfen eingesetzt werden, um die Erregerkraft zu reduzieren. Tragrohre mit schraubenförmigen Wendeln dürfen nach den im Folgenden genannten Kriterien ausgelegt werden, wenn die Scrutonzahl größer als 8 ist (siehe prEN 1991-1-4:2024, Anhang E). Für andere aerodynamische Maßnahmen sollten unabhängige Nachweise, wie zum Beispiel Windkanalversuche, hinsichtlich ihrer Wirksamkeit durchgeführt werden.

(2) Die Geometrie schraubenförmiger Wendeln sollte wie folgt sein:

- dreigängige Wendeln;
- Ganghöhe der Wendeln

$$h_s = 4,5D \text{ bis } 5,0D \quad (\text{A.1})$$

- Wendeltiefe

$$t_s = 0,10D \text{ bis } 0,12D; \text{ und} \quad (\text{A.2})$$

- die Wendeln erstrecken sich über eine Länge l_s von mindestens $0,3H$, üblicherweise von $0,3H$ bis $0,5H$. Darüber hinaus ist es zulässig, am Schornsteinkopf einen Bereich mit einer Länge von maximal $1,0D$ nicht mit Wendeln auszurüsten, der der Länge l_s zugerechnet werden darf.

Dabei ist D der Durchmesser des Schornsteins.

(3) Bei zwei oder mehr gleichartigen runden Tragwerken, die dicht beieinanderstehen, können die Wendeln weniger wirksam sein als in Gleichung (A.1) angegeben. Wenn der Mittenabstand zwischen zylindrischen Tragwerken weniger als $5D$ beträgt, sollten entweder besondere Untersuchungen im Hinblick auf die Wirksamkeit der Wendeln gegen wirbelerregte Querschwingungen durchgeführt werden, oder es sollte angenommen werden, dass die Wendeln ihren Zweck nicht erfüllen.

(4) Das Anbringen von Wendeln oder perforierten Blechen erhöht den Windwiderstandsbeiwert des runden Abschnitts, an dem sie angebracht sind (siehe EN 1991-1-4).

A.6 Versuchsgestützte Bemessung von Dämpfern

A.6.1 Allgemeines

(1) Wenn die in EN 1991-1-4 angegebenen Werte für das logarithmische Dämpfungsdekrement als nicht zutreffend angesehen werden oder wenn nach der Installation von Dämpfungsmaßnahmen die Wirksamkeit dieser Dämpfer überprüft werden muss, sollten die folgenden Hinweise beachtet werden, um das logarithmische Dämpfungsdekrement für Tragwerke mithilfe von Versuchen zu ermitteln.

A.6.2 Vorgehensweise bei der Messung des logarithmischen Dämpfungsdekrements

(1) Insbesondere bei abgespannten Tragwerken können höhere Schwingungsmoden als die Grundschwingung maßgebend sein, so dass bei der Bestimmung des geeigneten logarithmischen Dekrements der Tragwerksdämpfung darauf geachtet werden sollte.

(2) Es sollte darauf geachtet werden, dass die Schwingfrequenzen von den Belastungsbedingungen abhängig sind, z. B. bei ruhigem Wetter, bei Wind oder unter Eisbelastung.

(3) Die Messgrößen dürfen die Schwingbeschleunigung, die Auslenkung, die Kräfte oder die Dehnungen des Tragwerks sein.

(4) Es dürfen unterschiedliche Messverfahren angewendet werden, wie Ausschwingversuch, Autokorrelationsmethode oder Methode der Halbwertsbreite.

(5) Es sollte sichergestellt sein, dass die Messung die gesamte Schwingenergie erfasst; daher sollte die Messung gleichzeitig in zwei orthogonalen Richtungen erfolgen.

(6) Bei der Auswertung der Messwerte sollte die Abhängigkeit von der Schwingamplitude berücksichtigt werden.

(7) Die Amplitude während des Versuchs sollte im Bereich der bei der Bemessung geschätzten Amplitude infolge Wirbelresonanz liegen, oder es sollte sichergestellt sein, dass die Dämpfung dieser geschätzten Amplitude auf der sicheren Seite liegt.

(8) Wenn während des Versuchs Wind herrscht, sollte der Einfluss der aerodynamischen Dämpfung vom Messwert abgezogen werden. Für die Definition der aerodynamischen Dämpfung siehe EN 1991-1-4.

Anhang B (normativ)

Seile, Isolatoren, Außenanbauten und Zusatzeinrichtungen

B.1 Anwendung dieses Anhangs

(1) Dieser Anhang enthält zusätzliche Bestimmungen für die Verwendung von Abspannseilen, Isolatoren, Außenanbauten und Zusatzeinrichtungen, die im Tragwerk verwendet werden können.

B.2 Anwendungsbereich

(1) Dieser Anhang beschreibt die Verwendung von Abspannseilen, Isolatoren, Außenanbauten und Zusatzeinrichtungen, die im Tragwerk verwendet werden können.

B.3 Abspannseile

B.3.1 Allgemeines

(1) Jede Seilkonfektion sollte ein Verbindungssystem umfassen, mit dem die Spannung angepasst werden kann und die Installation oder der Austausch erleichtert wird.

(2) Seitliche Bewegungen des Abspannseils im Betrieb sollten bei der Bestimmung der Maße der Verbindungsplatten und -bolzen sowie bei der Bemessung und Konstruktion der Befestigungen am Mast berücksichtigt werden.

(3) Endverbindungen der Abspannseile und deren Auflagerelemente innerhalb des Tragwerks sollten so proportioniert sein, dass ihre Tragfähigkeit und ihr Ermüdungswiderstand mit denen des Abspannseils verträglich sind.

ANMERKUNG Abspannseile an Masten stimmen mit diesem Abschnitt überein, wenn ihr Bemessungswiderstand als das Minimum des Bemessungswiderstands des Abspannseils und des Bemessungswiderstands der Endverbindung angesetzt werden kann.

B.3.2 Stahlseile und stählerne Zugglieder

(1) Zu Stahlseilen und stählernen Zuggliedern siehe EN 1993-1-11.

(2) Füllmaterial in den Seilköpfen sollte metallisch sein.

(3) Endverbindungen von Zuggliedern sollten nicht mit Drahtseilklammern mit U-förmigem Klemmbügel nach EN 13411-5 ausgeführt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann weitere Informationen zu Abspannseilen und Zuggliedern enthalten.

B.3.3 Nichtmetallische Abspannseile

(1) Auch andere Werkstoffe als Stahl dürfen für die Abspannseile eingesetzt werden, wenn der Wert des Elastizitätsmoduls ausreichend hoch ist und geeignete Maßnahmen zur Vermeidung hochfrequenter Schwingungen eingesetzt werden.