

DIN EN 1993-3-1

ICS 91.010.30; 91.060.40

Ersatz für
DIN V ENV 1993-3-1:2002-05
und
DIN V ENV 1993-3-1
Berichtigung 1:2002-11

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine –
Türme und Maste;
Deutsche Fassung EN 1993-3-1:2006**

Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 3-1: Towers, masts and chimneys –
Towers and masts;
German version EN 1993-3-1:2006

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 3-1: Tours, mâts et cheminées –
Pylônes et mâts haubannés;
Version allemande EN 1993-3-1:2006

Gesamtumfang 92 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-3-1:2006) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-18 AA „Türme und Maste“ begleitet.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 09. Januar 2006 angenommen.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedsstaaten vorgesehen sind.

Ein Nationaler Anhang wird im Laufe der Übergangsfristen erarbeitet.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-3-1:2002-05 und DIN V ENV 1993-3-1 Berichtigung 1:2002-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet;
- b) der Vornormcharakter wurde aufgehoben;
- c) der Text wurde vollständig überarbeitet;
- d) die Berichtigung wurde eingearbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1993-3-1: 2002-05

DIN V ENV 1993-3-1 Berichtigung 1: 2002-11

Deutsche Fassung

**Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine - Türme und Maste**

Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 3-1: Towers,
masts and chimneys - Towers and masts

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 3-1:
Tours, mâts et cheminées - Pylônes et mâts haubannés

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. Januar 2006 angenommen.

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

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

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



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort.....	6
Hintergrund des Eurocode-Programms	6
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes.....	7
Nationale Fassungen der Eurocodes	8
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETA)	8
Besondere Hinweise zu EN 1993-3-1 und EN 1993-3-2	8
Nationaler Anhang zu EN 1993-3-1	9
1 Allgemeines.....	10
1.1 Geltungsbereich	10
1.1.1 Geltungsbereich von Eurocode 3	10
1.1.2 Geltungsbereich von Eurocode 3 — Teil 3.1	10
1.2 Normative Verweisungen.....	10
1.3 Annahmen	11
1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	11
1.5 Begriffe und Definitionen.....	11
1.6 Formelzeichen.....	13
1.7 Definition der Bauteilachsen	14
2 Grundlagen für die Tragwerksplanung	15
2.1 Anforderungen.....	15
2.1.1 Grundlegende Anforderungen	15
2.1.2 Sicherheitsklassen	15
2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	15
2.3 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	15
2.3.1 Windeinwirkungen.....	15
2.3.2 Eislasten.....	15
2.3.3 Temperatureinwirkungen.....	15
2.3.4 Eigengewicht.....	15
2.3.5 Vorspannung in Abspannseilen.....	16
2.3.6 Veränderliche Lasten	16
2.3.7 Andere Einwirkungen.....	16
2.3.8 Lastverteilung	16
2.4 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	17
2.5 Versuchsgestützte Bemessung	17
2.6 Dauerhaftigkeit.....	17
3 Werkstoffe	17
3.1 Baustahl.....	17
3.2 Verbindungsmittel	17
3.3 Abspannseile und Anschlussstücke	17
4 Dauerhaftigkeit.....	17
4.1 Korrosionsschutz	17
4.2 Abspannseile	18
5 Tragwerksberechnung	18
5.1 Berechnungsmodelle zur Bestimmung von Schnittgrößen.....	18
5.2 Berechnungsmodelle für Verbindungen.....	19
5.2.1 Grundlagen.....	19

5.2.2	Tragwerke aus Dreieckselementen (Gelenkfachwerke)	19
5.2.3	Tragwerke ohne Fachwerkwirkung (Balkentragwerke)	19
5.2.4	Fachwerke mit Berücksichtigung der Balkenwirkung zur Vermeidung kinematischer Ketten	19
6	Grenzzustände der Tragfähigkeit	19
6.1	Allgemeines	19
6.2	Beanspruchbarkeit von Querschnitten	20
6.2.1	Klassifizierung der Querschnitte	20
6.2.2	Bauteile von Gittermasten und Gittertürmen	20
6.2.3	Abspannseile und Zubehör	20
6.3	Beanspruchbarkeit von Bauteilen	20
6.3.1	Druckbeanspruchte Bauteile	20
6.4	Verbindungen	21
6.4.1	Allgemeines	21
6.4.2	Zugbeanspruchte Schrauben in Kopfplattenverbindungen (Flanschverbindungen)	21
6.4.3	Ankerschrauben	22
6.4.4	Schweißverbindungen	23
6.5	Sonderverbindungen für Maste	23
6.5.1	Anschluss des Mastfußes	23
6.5.2	Anschlüsse der Abspannseile	24
7	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	25
7.1	Grundlagen	25
7.2	Auslenkungen und Verdrehungen	25
7.2.1	Anforderungen	25
7.2.2	Festlegung von Grenzwerten	25
7.3	Schwingungen	25
8	Versuchsgestützte Bemessung	26
9	Ermüdung	26
9.1	Allgemeines	26
9.2	Ermüdungsbelastung	26
9.2.1	Schwingungen in Windrichtung	26
9.2.2	Wirbelerregte Querschwingungen	27
9.2.3	Dynamische Antwort einzelner Bauteile	27
9.3	Ermüdungsfestigkeit	27
9.4	Nachweis	28
9.5	Teilsicherheitsbeiwerte für den Ermüdungsnachweis	28
9.6	Ermüdung von Abspannseilen	28
Anhang A (normativ) Zuverlässigkeitsdifferenzierung und Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen		
	Einwirkungen	29
A.1	Zuverlässigkeitsdifferenzierung für Türme und Maste	29
A.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen	29
Anhang B (informativ) Berechnungsannahmen für Windeinwirkungen		31
B.1	Allgemeines	31
B.1.1	Anwendungsbereich dieses Anhangs	31
B.1.2	Formelzeichen	31
B.2	Windkraft	32
B.2.1	Allgemeines	32
B.2.2	Windkraftbeiwerte für Bauteile	35
B.2.3	Windkraftbeiwerte für langgestreckte Außenanbauten	40
B.2.4	Windkraftbeiwerte für einzelne kompakte Außenanbauten	42
B.2.5	Windkraftbeiwerte für Abspannseile	42
B.2.6	Windkraftbeiwerte bei Vereisung	43
B.2.7	Anleitung für Spezialfälle	43
B.3	Tragwerksreaktion von Gittermasten	47
B.3.1	Bedingungen für die Anwendung statischer Verfahren	47
B.3.2	Statische Ersatzlast-Methode	47

B.3.3 Spektralmethode.....	51
B.3.4 Wirbelerregte Schwingungen quer zur Windrichtung	52
B.4 Dynamische Antwort von abgespannten Masten	52
B.4.1 Allgemeines.....	52
B.4.2 Bedingungen für statische Methoden	52
B.4.3 Statische Ersatzlast-Methode.....	53
B.4.4 Spektralverfahren	60
B.4.5 Wirbelerregte Querschwingungen.....	60
B.4.6 Seilschwingungen	61
Anhang C (informativ) Eislast und kombinierte Einwirkung aus Eis und Wind	62
C.1 Allgemeines.....	62
C.2 Eislast	62
C.3 Eisgewicht	63
C.4 Wind und Eis	63
C.5 Asymmetrische Eislast	64
C.6 Kombinationen von Eis und Wind	64
Anhang D (normativ) Seile, Dämpfer, Isolatoren, Außenanbauten und Zusatzeinrichtungen	65
D.1 Seile	65
D.1.1 Stahlseile und stählerne Zugglieder	65
D.1.2 Nichtmetallische Seile.....	65
D.2 Dämpfer	65
D.2.1 Dämpfer für das Tragwerk	65
D.2.2 Seildämpfer	65
D.3 Isolatoren.....	66
D.4 Außenanbauten und Zusatzeinrichtungen.....	67
D.4.1 Steigleitern, Bühnen usw.....	67
D.4.2 Blitzschutz.....	67
D.4.3 Flugsicherung.....	67
D.4.4 Schutz gegen Vandalismus	67
Anhang E (informativ) Seilbruch.....	68
E.1 Einleitung	68
E.2 Vereinfachtes Berechnungsmodell	68
E.3 Konservative Vorgehensweise.....	70
E.4 Berechnung für den Zustand nach einem Seilbruch	71
Anhang F (informativ) Ausführung.....	72
F.1 Allgemeines.....	72
F.2 Schraubverbindungen	72
F.3 Schweißverbindungen	72
F.4 Toleranzen.....	72
F.4.1 Allgemeines.....	72
F.4.2 Ausführungstoleranzen	72
F.4.3 Beschränkungen für die Vorspannung	73
F.5 Vorstrecken der Seile	73
Anhang G (informativ) Knicken druckbeanspruchter Bauteile in Türmen und Masten	74
G.1 Beanspruchbarkeit von Druckstäben auf Biegeknicken.....	74
G.2 Beiwert k für den effektiven Schlankheitsgrad	75
Anhang H (informativ) Knicklängen und Schlankheiten von druckbeanspruchten Bauteilen.....	80
H.1 Allgemeines.....	80
H.2 Bauteile in Eckstielen.....	80
H.3 Füllstäbe	81
H.3.1 Allgemeines.....	81
H.3.2 Einfaches Fachwerk	81
H.3.3 Kreuzweise Ausfachung	83
H.3.4 Kreuzweise Ausfachung mit Zuggliedern	83
H.3.5 Kreuzweise Ausfachung mit sekundären Füllstäben	83

H.3.6 Kreuzweise Ausfachung mit im Kreuzungspunkt unterbrochenen Füllstäben und durchgehenden horizontalen Füllstäben 83

H.3.7 Kreuzweise Ausfachung mit diagonalen Eckstreben.....84

H.3.8 Diagonalstäbe von *K*-Fachwerken.....84

H.3.9 Horizontale Füllstäbe in einer Fachwerk wand mit horizontaler Ausfachungsebene.....84

H.3.10 Horizontale Füllstäbe ohne horizontale Ausfachungsebene.....86

H.3.11 *K*-Fachwerke mit Abknickungen 87

H.3.12 Portalrahmenfachwerk.....87

H.3.13 Mehrfach vergitterte Fachwerke 88

H.4 Sekundäre Füllstäbe 89

H.5 Schalentr agwerke.....90

Vorwort

Dieses Dokument EN 1993-3-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine – Türme und Maste wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist verantwortlich für alle Eurocode-Teile.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1993-3-1.

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

Hintergrund des Eurocode-Programms

1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Programm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Normen.

Im Rahmen dieses Programms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und sie schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerkomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80er Jahren führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung¹⁾ zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, *Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung*;

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke*;

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaft und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

- EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbauten*;
- EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*;
- EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Stahl-Beton-Verbundbauten*;
- 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 Aluminiumkonstruktionen*.

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und von EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr 1: Mechanischer Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Herstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETA).

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

-
- 2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Angaben in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die Europäische Zulassungen selbst zu schaffen.
 - 3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument
 - a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
 - b) die Methode zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln,
 - c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr 2.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen, wofür Spezialistenbeiträge erforderlich sein können.

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, mit möglicherweise einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte für γ -Faktoren und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen;
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben;
- landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten;
- Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere zur Wahl anbieten;
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit diese ergänzen und nicht widersprechen.

Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETA)

Die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ müssen konsistent sein. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind und die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Besondere Hinweise zu EN 1993-3-1 und EN 1993-3-2

EN 1993-3 gehört zu den sechs Teilen des Eurocode 3, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*, und liefert Grundsätze und Anwendungsregeln für die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Stahltragwerke von Türmen, Masten und Schornsteinen. Türme und Maste werden in Teil 3-1 behandelt, Stahlschornsteine in Teil 3-2.

Die Regeln in EN 1993-3 gelten ergänzend zu den Grundregeln in EN 1993-1.

Es ist vorgesehen, dass EN 1993-3 zusammen mit EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*, EN 1991, *Einwirkungen auf Tragwerke*, und den Teilen 1 von EN 1992 bis EN 1998 angewendet wird, soweit diese auf Stahltragwerke oder Stahlkomponenten von Türmen, Masten und Schornsteinen Bezug nehmen.

Regelungen in diesen Normen werden nicht wiederholt.

4) Siehe Artikel 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie, ebenso wie 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr 1.

Die Anwendung von EN 1993-3 ist gedacht für:

- Komitees zur Erstellung von Spezifikationen für Bauprodukte, Normen für Prüfverfahren sowie Normen für die Bauausführung;
- Auftraggeber (z. B. zur Formulierung spezieller Anforderungen);
- Tragwerksplaner und Bauausführende;
- zuständige Behörden.

Die Zahlenwerte für γ -Faktoren und andere Parameter, die die Zuverlässigkeit festlegen, gelten als Empfehlungen, mit denen ein akzeptables Zuverlässigkeitsniveau erreicht werden soll. Bei ihrer Festlegung wurde vorausgesetzt, dass ein angemessenes Niveau der Ausführungsqualität und Qualitätsprüfung vorhanden ist.

Der Anhang B von EN 1993-3-1 ergänzt die Regelungen von EN 1991-1-4 in Bezug auf Windeinwirkungen auf Gittermaste und abgespannte Maste oder abgespannte Schornsteine.

Zu Masten von Überlandleitungen sind alle Regelungen zu Windbelastungen und Eislasten, Lastkombinationen, Sicherheitsfragen und allen besonderen Anforderungen (z. B. für Leitungen, Isolatoren, Freiräume usw.) in der CENELEC-Norm EN 50341 zu finden, auf die für die Bemessung dieser Tragwerke Bezug genommen werden kann.

Bei Anwendung der in diesem Teil angegebenen Festigkeitsanforderungen an Stahlbauteile darf davon ausgegangen werden, dass diese die Anforderungen der EN 50341 an Maste von Überlandleitungen erfüllen und als Alternativen zu den Regelungen in EN 50341 gelten können.

Der Teil 3-2 wurde zusammen mit dem technischen Komitee CEN/TC 297, *Freistehende Schornsteine*, ausgearbeitet.

Für Tragwerke oder Teile davon, die im Zusammenhang mit einem abgestimmten experimentellen Untersuchungsprogramm bemessen werden, ist die Anwendung besonderer Teilsicherheitsbeiwerte vorgesehen.

Nationaler Anhang zu EN 1993-3-1

Diese Norm enthält alternative Methoden, Zahlenangaben und Empfehlungen in Verbindung mit Anmerkungen, die darauf hinweisen, wo nationale Festlegungen getroffen werden können. EN 1993-3-1 wird bei der nationalen Einführung einen Nationalen Anhang enthalten, der alle national festzulegenden Parameter enthält, die für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten im jeweiligen Land erforderlich sind.

Nationale Festlegungen sind bei folgenden Regelungen vorgesehen:

— 2.1.1(3)P	— 5.2.4(1)	— B.2.1.1(5)	— D.1.1(1)
— 2.3.1(1)	— 6.1(1)	— B.2.3(1)	— D.1.2(2)
— 2.3.2(1)	— 6.3.1(1)	— B.2.3(3)	— D.3(6) (zweimal)
— 2.3.6(2)	— 6.4.1(1)	— B.3.2.2.6(4)	— D.4.1(1)
— 2.3.7(1)	— 6.4.2(2)	— B.3.3(1)	— D.4.2(3)
— 2.3.7(4)	— 6.5.1(1)	— B.3.3(2)	— D.4.3(1)
— 2.5(1)	— 7.1(1)	— B.4.3.2.2(2)	— D.4.4(1)
— 2.6(1)	— 9.5(1)	— B.4.3.2.3(1)	— F.4.2.1(1)
— 4.1(1)	— A.1(1)	— B.4.3.2.8.1(4)	— F.4.2.2(2)
— 4.2(1)	— A.2(1)P (zweimal)	— C.2(1)	— G.1(3)
— 5.1(6)	— B.1.1(1)	— C.6.(1)	— H.2(5)
			— H.2(7)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.1 Anwendungsbereich von Eurocode 3

Siehe EN 1993-1-1, 1.1.1.

1.1.2 Anwendungsbereich von Eurocode 3 — Teil 3.1

(1) EN 1993-3-1 regelt die Bemessung und Konstruktion von Gittermasten und abgespannten Masten und ähnlicher Konstruktionen, die prismatische, zylindrische oder andere sperrige Elemente tragen. Regelungen für freistehende und abgespannte zylindrische Türme und Schornsteine sind in EN 1993-3-2 enthalten. Regelungen für die Seile von abgespannten Tragwerken einschließlich abgespannten Schornsteinen finden sich in EN 1993-1-11 mit Ergänzungen in diesem Normenteil.

(2) Die Regeln in diesem Teil von EN 1993 gelten in Ergänzung zu denen in EN 1993-1.

(3) Soweit die Anwendbarkeit einer Regelung aus praktischen Gründen oder aufgrund von Vereinfachungen eingeschränkt ist, werden deren Anwendungsgrenzen definiert und erläutert.

(4) Dieser Teil enthält keine Vorschriften für die Bemessung von Lichtmasten mit polygonalem oder kreisförmigem Querschnitt, die in EN 40 behandelt werden. Gittermaste mit polygonalem Gesamtquerschnitt werden in diesem Normenteil nicht behandelt. Für Maste mit aus Blechen geformten polygonalen Querschnitten dürfen die angegebenen Lastansätze verwendet werden. Hinweise zur Festigkeit solcher Maste können EN 40 entnommen werden.

(5) Dieser Teil enthält keine besonderen Vorschriften für die Bemessung im Hinblick auf Erdbeben; diese sind in EN 1998-3 enthalten.

(6) Besondere Maßnahmen zur Begrenzung von Unfallfolgen werden in diesem Normenteil nicht behandelt. Zum Brandwiderstand wird auf EN 1993-1-2 verwiesen.

(7) Zur Herstellung und Montage von Türmen und Masten aus Stahl wird auf EN 1090 verwiesen.

ANMERKUNG Fertigung und Montage werden bis zu einem gewissen Maße behandelt, um die erforderliche Qualität der eingesetzten Werkstoffe und Bauprodukte und die Ausführungsqualität auf der Baustelle festlegen zu können, so dass die den Bemessungsregeln zugrunde liegenden Annahmen eingehalten sind.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 40, *Lichtmaste*

EN 365, *Persönliche Schutzausrüstung zum Schutz gegen Absturz — Allgemeine Anforderungen an Gebrauchsanleitungen, Wartung, regelmäßige Überprüfung, Instandsetzung, Kennzeichnung und Verpackung*

EN 795, *Schutz gegen Absturz — Anschlageneinrichtungen — Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 1090, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken*

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

EN ISO 12944, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*

EN ISO 14713, *Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Zink- und Aluminiumüberzüge — Leitfäden*

ISO 12494, *Atmospheric icing of structures*

1.3 Annahmen

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 1.3.

1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 1.4.

1.5 Begriffe

- (1) In dieser EN 1993-3-1 gelten die allgemeinen Begriffe nach EN 1990, 1.5.
- (2) Zusätzlich zu EN 1993-1 gelten für die Anwendung in diesem Teil 3-1 folgende Begriffe:

1.5.1

Tragwerksberechnung

Bestimmung der Schnittgrößen in einem Tragwerk, die mit der entsprechenden Kombination von Einwirkungen im Gleichgewicht stehen

1.5.2

Turm

freistehende, als Kragarm tragende Stahlgitterkonstruktion mit dreieckiger, quadratischer oder rechteckiger Querschnittsform oder freistehender Mast mit kreisförmigem oder polygonalem Vollwandquerschnitt

1.5.3

abgespannter Mast

Stahlgitterkonstruktion mit dreieckiger, quadratischer oder rechteckiger Querschnittsform oder zylindrische Stahlkonstruktion, die durch in verschiedenen Höhen angeordnete und am Boden oder einem anderen Bauwerk verankerte Seile gehalten wird

1.5.4

Schaft

vertikales Stahltragwerk eines Mastes

1.5.5

Eckstiele

Gurtstäbe

Stahlbauteile, die die wesentlichen lastabtragenden Komponenten des Tragwerks darstellen

1.5.6

primäre Füllstäbe

außer den Eckstielen notwendige Bauteile zur Abtragung von Lasten

1.5.7

sekundäre Füllstäbe

Bauteile zur Verringerung der Knicklänge anderer Bauteile

1.5.8

Winkel mit einem Öffnungswinkel von 60°

modifizierte, gleichschenklige, warmgewalzte Winkelprofile mit ursprünglich 90°-Öffnungswinkel, bei denen die Enden der Flansche um 15° gebogen sind, so dass sich zwischen den äußeren Flanschenden und der Symmetrieachse ein Winkel vom 30° ergibt (siehe Bild 1.1)

1.5.9

Windwiderstand

Widerstand, den ein Bauteil eines Turmes oder abgespannten Mastes mit Anbauteilen der Windströmung entgegensetzt; der Widerstand wird aus dem Produkt des aerodynamischen Kraftbeiwertes und der Projektionsfläche, gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Eisansatz, berechnet

1.5.10

langgestreckte Außenanbauten

nicht zur Tragkonstruktion gehörenden Anbauteile, die sich über mehrere Module erstrecken, z. B. Wellenleitern, Leitungen, Steigleitern, Rohre

1.5.11

einzelne Außenanbauten

nicht zur Tragkonstruktion gehörenden Anbauteile, die auf wenige Module konzentriert sind, z. B. Parabolreflektoren, Antennen, Beleuchtungsmittel, Plattformen, Geländer, Isolatoren usw.

1.5.12

Projektionsfläche

angenommene Schattenfläche des betrachteten Bauteils, die sich durch Parallelprojektion auf die Ansichtsfläche des Tragwerks in Windrichtung ergibt, gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Eislast; bei nicht auf eine Ansichtsfläche senkrechter Windanströmung wird eine Bezugsansichtsfläche als Projektionsfläche angesetzt (siehe Anhänge A und B)

1.5.13

Modul (eines Turmes oder Mastes)

Abschnitt eines Turmes oder abgespannten Mastes; dieser wird zur Ermittlung der Projektionsfläche und des Windwiderstandes über die vertikale Erstreckung in Module unterteilt; Module werden in der Regel, jedoch nicht notwendigerweise, zwischen den Stößen von Eckstielen und primären Füllstäben angenommen

1.5.14

Segment

Abschnitt

Abschnitt eines Turmes oder abgespannten Mastes, der mehrere Module umfasst, die annähernd oder exakt baugleich sind und zur Ermittlung des Windwiderstandes herangezogen werden

1.5.15

Abspannseil

ein ausschließlich als Zugglied wirkendes Bauteil, das an beiden Enden verankert ist, um eine horizontale Lagerung des Mastes in verschiedenen Höhen zu erreichen; das untere Ende des Abspannseiles ist am Boden oder einem vorhandenen Bauwerk verankert und erlaubt üblicherweise das Vorspannen des Seiles

ANMERKUNG 1 Die Begriffe „Pardune“ und „Abspannseil“ sind im Allgemeinen austauschbar; in dieser Norm wird ausschließlich der Begriff „Abspannseil“ verwendet.

ANMERKUNG 2 Anhang D enthält besondere Definitionen zu Abspannseilen sowie Hinweise zu Montage und Zubehörteilen.

1.5.16

Schwingungsdämpfer

Vorrichtung zur Erhöhung der Bauwerksdämpfung, wodurch die Bauwerksreaktion oder Seilreaktion begrenzt wird

1.6 Formelzeichen

(1) In Ergänzung zu EN 1993-1-1 werden folgende Formelzeichen verwendet:

Lateinische Großbuchstaben

D_b	Durchmesser des Kreises durch die Lochachsen für die Schrauben;
D_i	Durchmesser des Eckstiels;
G	Böenreaktionsfaktor;
M	Biegemoment;
N	Zugkraft, Lastspielzahl;
N_i	Lastspielzahl;
N_b	Normalkraft;
T	Bemessungsnutzungsdauer des Tragwerks, gemessen in Jahren.

Lateinische Kleinbuchstaben

b	Schenkellänge eines Winkelprofils;
$c_e(z)$	aerodynamischer Beiwert;
$c_s c_d$	Strukturfaktor;
e	Exzentrizitäten;
h	Schenkellänge eines Winkelprofils;
k_p	Faktor zur Berücksichtigung von Abstützkräften;
k_σ	Beulwert;
m	Wöhlerlinienneigung;
n	Schraubenanzahl;
r_1	Radius des konvexen Auflagerteils;
r_2	Radius des konkaven Auflagerteils;
t	Dicke.

Griechische Großbuchstaben

ϕ	Neigung der Achse des Mastes am Mastfuß;
$\Delta\sigma_E$	Spannungsschwingbreite.

Griechische Kleinbuchstaben

β_A	Beiwert zur Berücksichtigung der wirksamen Fläche;
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert;
δ_s	logarithmisches Dekrement der Strukturdämpfung;
ε	Beiwert in Abhängigkeit von f_y ;
$\bar{\lambda}$	Schlankheitsgrad;
$\bar{\lambda}_p$	Beulschlankheitsgrad;

$\bar{\lambda}_{p,1}$ Beugslankheitsgrad für Winkelschenkel Nr. 1;

$\bar{\lambda}_{p,2}$ Beugslankheitsgrad für Winkelschenkel Nr. 2;

ρ Abminderungsbeiwert.

(2) Weitere Formelzeichen werden im Text definiert.

1.7 Definition der Bauteilachsen

(1) Es gilt die Definition der Bauteilachsen entsprechend Bild 1.1.

ANMERKUNG Hierdurch wird die durch unterschiedliche Definitionen für warmgewalzte und kaltgeformte Winkelprofile hervorgerufene Verwechslungsgefahr vermieden.

(2) Für mehrteilige Bauteile gilt die Definition der Bauteilachsen nach EN 1993-1-1, Bild 6.9.

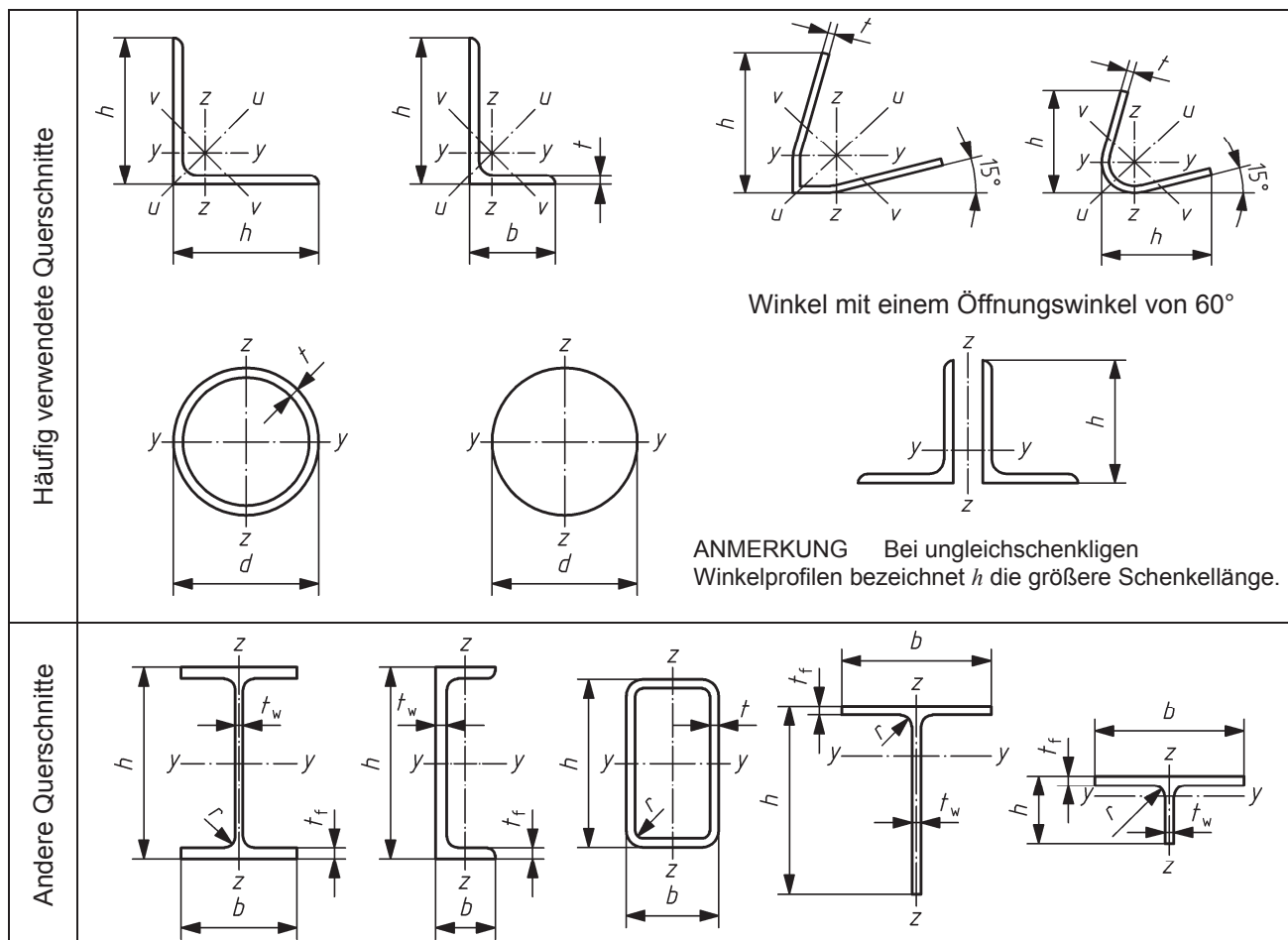


Bild 1.1 — Abmessungen und Bauteilachsen

2 Grundlagen für die Tragwerksplanung

2.1 Anforderungen

2.1.1 Grundlegende Anforderungen

- (1)P Für die Tragwerksplanung von Türmen und abgespannten Masten gelten die Grundlagen in EN 1990.
- (2) In der Regel sind die Bestimmungen für Stahlbauten nach EN 1993-1-1 anzuwenden.
- (3)P Zusätzlich sind abgespannte Masten mit hoher Sicherheitsklasse (siehe 2.1.2) bezüglich ihrer Standfestigkeit für Ausfall eines Abspannseiles zu bemessen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Hinweise zum Ausfall eines Abspannseiles geben. Die Anwendung der Regelungen in Anhang E wird empfohlen.

2.1.2 Sicherheitsklassen

- (1) Es dürfen verschiedene Sicherheitsklassen für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit von Türmen und Masten in Abhängigkeit der Versagensfolgen angenommen werden.

ANMERKUNG Anhang A gibt Hinweise zur Definition verschiedener Sicherheitsklassen.

2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 2.2.

2.3 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

2.3.1 Windeinwirkungen

- (1) Windeinwirkungen sind in der Regel EN 1991-1-4 zu entnehmen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Hinweise zur Erweiterung von EN 1991-1-4 für Türme und Maste geben. Die Anwendung der zusätzlichen Regelungen in Anhang B wird empfohlen.

2.3.2 Eislasten

- (1) Eislasten sind in der Regel sowohl hinsichtlich des erhöhten Eigengewichts als bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Windeinwirkungen zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Hinweise zu Eislasten, Eisdicken, Eisdichten und Eisverteilungen sowie Lastfallkombinationen und Kombinationsbeiwerte für Einwirkungen auf Türme und Maste geben. Es wird die Anwendung von Anhang C empfohlen.

2.3.3 Temperatureinwirkungen

- (1) Temperatureinwirkungen sind in der Regel entsprechend EN 1991-1-5 zu ermitteln.

2.3.4 Eigengewicht

- (1) Das Eigengewicht ist in der Regel entsprechend EN 1991-1-1 zu ermitteln.
- (2) Das Eigengewicht von Abspannseilen ist in der Regel entsprechend EN 1993-1-11 zu ermitteln.

2.3.5 Vorspannung in Abspannseilen

(1) Die Vorspannung in Abspannseilen ist in der Regel als ständige Last anzunehmen, wenn keine klimatischen Lasten einwirken, siehe EN 1993-1-11.

(2) In der Regel sind Nachstellmöglichkeiten für Abspannseile vorzusehen. Geschieht dies nicht, so ist in der Regel bei der Bemessung die Spanne möglicher Vorspannkräfte in den Abspannseilen zu berücksichtigen, siehe EN 1993-1-11.

2.3.6 Veränderliche Lasten

(1) Bauteile mit einer Neigung gegenüber der Horizontalen $\leq 30^\circ$ sind in der Regel für eine Mannlast zu bemessen; die Mannlast darf als vertikale Einzellast von 1 kN angenommen werden.

(2) In der Regel sind auf Plattformen und Geländern veränderliche Last zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang darf Hinweise zu veränderlichen Lasten auf Plattformen und Geländern geben. Es werden folgende charakteristische veränderliche Lasten empfohlen:

— veränderliche Lasten auf Plattformen: 2,0 kN/m²; (2.1a)

— horizontale Lasten auf Geländer: 0,5 kN/m. (2.1b)

ANMERKUNG 2 Es darf angenommen werden, dass diese Lasten nicht gleichzeitig mit anderen klimatischen Lasten wirken.

2.3.7 Andere Einwirkungen

(1) Zu außergewöhnlichen Einwirkungen und Anpralllasten siehe EN 1991-1-7.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Hinweise zur Auswahl außergewöhnlicher Einwirkungen geben.

(2) Einwirkungen während der Montage sind in der Regel unter Beachtung des Montageablaufs zu berücksichtigen. Die entsprechenden Lastfallkombinationen und Abminderungsbeiwerte können EN 1991-1-6 entnommen werden.

ANMERKUNG Die begrenzte Dauer vorübergehender Bemessungssituationen darf berücksichtigt werden.

(3) Falls notwendig, sind ungleichmäßige Setzungen der Fundamente nachzuweisen. Dies gilt insbesondere für Gittermaste, bei denen die Eckstiele auf Einzelfundamenten stehen, sowie für abgespannte Maste, bei denen ungleichmäßige Setzungen zwischen dem Mastschaffundament und den Seilverankerungen auftreten können.

(4) Einwirkungen aus der Halterung und Verankerung von Ausrüstungen zum Schutz gegen Absturz dürfen mit Bezug auf EN 795 ermittelt werden. Erfordert der Schutz gegen Absturz die Verwendung von Arbeitsbühnen-Systemen oder mobilen Auffangsystemen, sollten entsprechende Anschlagpunkte vorgesehen werden, siehe EN 365.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf weitere Hinweise geben.

2.3.8 Lastverteilung

(1) Es sind sowohl Einflüsse aus über die Bauteillänge verteilten Lasten als auch Einflüsse aus Belastungen, die sich infolge von Wind- und Eigenlasten auf an das betrachtete Bauteil angeschlossene andere Bauteile ergeben, zu berücksichtigen.

2.4 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

- (1) Zu Bemessungswerten von Einwirkung und Kombinationsbeiwerten siehe EN 1990.

ANMERKUNG Zu Teilsicherheitsbeiwerten im Grenzzustand der Tragfähigkeit siehe Anhang A.

- (2) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Eigenlasten und Vorspannung der Abspannseile sind in der Regel entsprechend EN 1993-1-11 anzusetzen.

2.5 Versuchsgestützte Bemessung

- (1) Die allgemeinen Anforderungen entsprechend EN 1990 sind in der Regel unter Beachtung der besonderen Anforderungen in EN 1993-3-1, Abschnitt 8 zu erfüllen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf weitere Hinweise zu Tragwerken oder Bauteilen geben, für die ein abgestimmtes Versuchsprogramm mit Großproben durchgeführt wird, siehe 6.1.

2.6 Dauerhaftigkeit

- (1) Dauerhaftigkeit wird in der Regel durch den Nachweis gegen Ermüdung (siehe Abschnitt 9) und geeigneten Korrosionsschutz (siehe Abschnitt 4) gewährleistet.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf weitere Hinweise zur Bemessungsnutzungsdauer eines Tragwerkes geben. Es wird eine Bemessungsnutzungsdauer von 30 Jahren vorgeschlagen.

3 Werkstoffe

3.1 Baustahl

- (1) Zu Anforderungen und Eigenschaften von Baustahl siehe EN 1993-1-1 und EN 1993-1-3.
- (2) Zu Zähigkeitsanforderungen siehe EN 1993-1-10.

3.2 Verbindungsmittel

- (1) Zu Anforderungen und Eigenschaften von Schrauben und Schweißwerkstoffen siehe EN 1993-1-8.

3.3 Abspannseile und Anschlussstücke

- (1) Zu Anforderungen und Eigenschaften von Seilen, Litzen, Drähten und Anschlussstücken siehe EN 1993-1-11.

ANMERKUNG Siehe auch Anhang D.

4 Dauerhaftigkeit

4.1 Korrosionsschutz

- (1) Abhängig von dem Standort, der Nutzungsdauer und der Bauwerksunterhaltung sind in der Regel geeignete Korrosionsschutzmaßnahmen vorzusehen.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang darf weitere Hinweise geben.

ANMERKUNG 2 Siehe auch:

- EN ISO 1461 zu Zinküberzügen,
- EN ISO 14713 zu Spritzverzinkung,
- EN ISO 12944 zu Beschichtungen.

4.2 Abspannseile

- (1) Zu Korrosionsschutz von Abspannseilen siehe EN 1993-1-11.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf weitere Hinweise geben. Die folgenden Maßnahmen werden empfohlen:

Abhängig von Korrosionsangriff sollten Seile aus verzinkten Stahldrähten einen zusätzlichen Korrosionsschutz erhalten, z. B. Fett oder eine Beschichtung. Diese Schutzschicht soll verträglich mit dem bei der Herstellung des Seils verwendeten Korrosionsschutz sein.

Als alternative Schutzmaßnahme können Stahlseile mit Durchmessern bis 20 mm mit einer Polypropylen-Imprägnierung geschützt werden. Sie brauchen dann keine weitere Schutzmaßnahme, außer wenn der Überzug bei der Montage oder Nutzung verletzt wird. Besondere Sorgfalt ist bei der Gestaltung der Seilendstücke hinsichtlich Korrosionsschutz erforderlich. Seile mit Mantel, der nicht imprägniert ist, sollten wegen der Möglichkeit versteckter Korrosion nicht benutzt werden.

Blitzschlag kann den Polypropylenüberzug lokal beschädigen.

5 Tragwerksberechnung

5.1 Berechnungsmodelle zur Bestimmung von Schnittgrößen

- (1) Die Schnittgrößen sind in der Regel mit einer elastischen Tragwerksberechnung zu ermitteln.
- (2) Zur elastischen Tragwerksberechnung siehe EN 1993-1-1.
- (3) Bei der Tragwerksberechnung dürfen die Querschnittseigenschaften des Bruttoquerschnitts angesetzt werden.
- (4) Bei der Tragwerksberechnung sollten die Verformungskennwerte der Fundamente berücksichtigt werden.
- (5) Entstehen aus der Tragwerksverformung nicht mehr vernachlässigbare Einflüsse (z. B. für Türme mit hohen Kopflasten), sind Verfahren der Theorie II. Ordnung anzuwenden, siehe EN 1993-1-1.

ANMERKUNG 1 Gittermaste dürfen zunächst ohne Verformungseinfluss (Theorie I. Ordnung) berechnet werden.

ANMERKUNG 2 Bei Masten und abgespannten Schornsteinen sollten die Verformungen beim Gleichgewicht berücksichtigt werden (Theorie II. Ordnung).

ANMERKUNG 3 Zum Knicken der gesamten symmetrischen Mastkonstruktionen siehe B.4.3.2.6.

- (6) Bei der Tragwerksberechnung des gesamten Mastes oder des abgespannten Schornsteins sollte das nichtlineare Verhalten der Abspannseile berücksichtigt werden, siehe EN 1993-1-11.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf weitere Hinweise geben.

5.2 Berechnungsmodelle für Verbindungen

5.2.1 Grundlagen

(1) Das Verhalten der Verbindungen sollte bei der Tragwerksberechnung und den lokalen Nachweisen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Berechnungsverfahren für Verbindungen sind in EN 1993-1-8 geregelt.

5.2.2 Tragwerke aus Dreieckselementen (Gelenkfachwerke)

(1) Bei Gelenkfachwerken darf angenommen werden, dass sich in den Anschlüssen der Bauteile keine Biegemomente bilden. Das statische Modell darf deshalb von Gelenkverbindungen ausgehen.

(2) Die Verbindungen sollten die Bedingungen für gelenkige Anschlüsse erfüllen:

- entweder nach EN 1993-1-8, 5.2.2.2 oder
- nach EN 1993-1-8, 5.2.3.2.

5.2.3 Tragwerke ohne Fachwerkwirkung (Balkentragwerke)

(1) Bei Balkentragwerken sollte die elastische Berechnung von voller Kontinuität der Biegelinie ausgehen, wenn die Verbindungen die Bedingung für starre Verbindungen nach EN 1993-1-8, 5.2.2.3 erfüllen.

5.2.4 Fachwerke mit Berücksichtigung der Balkenwirkung zur Vermeidung kinematischer Ketten

(1) Die elastische Tragwerksberechnung sollte von einer zuverlässigen Vorhersage des Momenten-Rotations-Verhaltens oder Kraft-Verschiebungs-Verhaltens der eingesetzten Verbindungen ausgehen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf weitere Hinweise geben.

6 Grenzzustände der Tragfähigkeit

6.1 Allgemeines

(1) Es gelten für die verschiedenen Grenzzustände folgende Teilsicherheitsbeiwerte γ_M :

- Plastizieren der Querschnitte: γ_{M0}
- Stabilitätsversagen der Bauteile: γ_{M1}
- Bruchversagen des Nettoquerschnitts (an Schraubenlöchern): γ_{M2}
- Bruch der Verbindung: siehe 6.4
- Beanspruchbarkeit der Seile und Seilköpfe: γ_{Mg} , siehe EN 1993-1-11
- Beanspruchbarkeit der Isolatoren: γ_{Mi}

ANMERKUNG 1 Der nationale Anhang darf Hinweise zu den Teilsicherheitsbeiwerte γ_M geben. Die folgenden Zahlenwerte werden empfohlen;

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

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

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

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

$$\gamma_{Mi} = 2,50$$

ANMERKUNG 2 Der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mg} bezieht sich auf das Seil einschließlich Seilkopf (oder anderer Endverankerung). Die zugehörigen Bolzen, Verbinder und Bleche sind passend zu den Seilen und Seilköpfen zu bemessen und können einen höheren Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mg} erfordern, siehe EN 1993-1-11.

ANMERKUNG 3 Liegen die Ergebnisse von Großversuchen zu dem Bautyp oder einem ähnlichen Bautyp vor, kann je nach Ergebnis der Teilsicherheitsbeiwert γ_M reduziert sein.

6.2 Beanspruchbarkeit von Querschnitten

6.2.1 Klassifizierung der Querschnitte

(1) Bei Türmen und Masten gelten die Querschnittsklassen nach EN 1993-1-1, 5.5.2.

ANMERKUNG Die clt -Verhältnisse von Winkelprofilen nach EN 1993-1-1, Tabelle 5.2 dürfen mit den Werten $(h-2t)/t$ anstelle von h/t gebildet werden.

6.2.2 Bauteile von Gittermasten und Gittertürmen

(1) Bei mit einem Schenkel angeschlossenen Winkelstäben gelten die Regelungen in EN 1993-1-8, 3.10.3 bei Schraubverbindungen oder EN 1993-1-8, 4.13 bei Schweißverbindungen.

6.2.3 Abspannseile und Zubehör

(1) Zu Abspannseilen und Zubehör siehe EN 1993-1-11 und Anhang D.

6.3 Beanspruchbarkeit von Bauteilen

6.3.1 Druckbeanspruchte Bauteile

(1) Druckbeanspruchte Bauteile in Gittermasten und -türmen sind in der Regel nach einer der beiden folgenden Verfahren zu bemessen:

- a) Verfahren in Anhang G und Anhang H;
- b) Verfahren in EN 1993-1-1 unter Berücksichtigung der Exzentrizitäten.

ANMERKUNG 1 Das Verfahren in EN 1993-1-1, Anhang B, B.1.2 (2)B kann für die Stabilitätsnachweise von Bauteilen in Gittermasten und -türmen konservativ sein.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang darf ein Verfahren festlegen.

(2) Der wirksame Querschnitt von Bauteilen sollte nach EN 1993-1-5, 4.3 berechnet werden.

ANMERKUNG 1 Bei Winkelstäben darf der Abminderungsbeiwert ρ mit dem Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_p$ aufbauend auf der vorhandenen Breite $\bar{b}$ des gedrückten Winkelschenkels wie folgt berechnet werden:

a) bei gleichschenkligen Winkeln:

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

b) bei ungleichschenkligen Winkeln:

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

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

ANMERKUNG 2 Bei mit nur einem Schenkel angeschlossenen Winkeln bezieht sich der Abminderungsbeiwert ρ nur auf den angeschlossenen Schenkel.

ANMERKUNG 3 Zu k_σ siehe EN 1993-1-5. Für einen Winkelschenkel unter Druck gilt $k_\sigma = 0,43$.

(3) Drillknicken und Biegedrillknicken sollten wie folgt ebenfalls nachgewiesen werden:

a) Drillknicken von gleichschenkligen Winkel wird durch den Beulnachweis nach (2) erfasst;

b) bei ungleichschenkligen Winkeln und anderen Querschnitten siehe EN 1993-1-1, 6.3.1.4 und EN 1993-1-3.

(4) Zu kaltgeformten dünnwandigen Bauteile, siehe EN 1993-1-3.

6.4 Verbindungen

6.4.1 Allgemeines

(1) Zu Verbindungen siehe EN 1993-1-8.

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte für Verbindungen in Türmen und Masten dürfen im Nationalen Anhang angegeben sein. Die Zahlenwerte in EN 1993-1-8, Tabelle 2.1 werden empfohlen.

(2) Alle Schrauben sind in der Regel gegen Lockern zu sichern.

6.4.2 Zugbeanspruchte Schrauben in Kopfplattenverbindungen (Flanschverbindungen)

(1) Können bei Flanschverbindungen Zugkräfte auftreten, sollten die Schrauben vorgespannt sein.

(2) Der kleinste zulässige Schraubendurchmesser ist in der Regel 12 mm.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf weitere Hinweise zu geschraubten Flanschverbindungen von Rundhohlprofilen oder zylindrischen Schalen geben. Für Rundhohlprofile wird die folgende vereinfachte Methode bei ausschließlicher Zugbeanspruchung empfohlen, siehe Bild 6.1.

Bei der Bestimmung der Flanschdicke ist Folgendes zu beachten:

- a) die Scherbeanspruchbarkeit der Verbindung des Flansches mit dem Hohlprofil;
- b) die Beanspruchbarkeit des Flansches in dem Kreis, der durch die Schraubenlöcher geht, im Hinblick auf Biegung und Schub. Das Biegemoment (M) darf mit

$$M = N (D_b - D_i)/2$$

angesetzt werden.

Dabei ist

N die Zugkraft im Hohlprofilstab;

D_b der Durchmesser des Kreises durch die Schraubenlöcher;

D_i der Durchmesser des Hohlprofils.

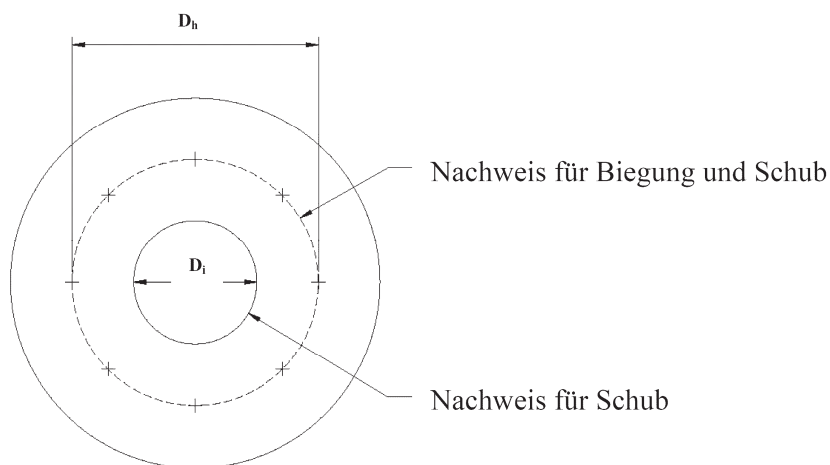


Bild 6.1 — Geschraubte Flanschverbindung

Die Zugkraft N_b in einer Schraube ist

$$N_b = \frac{N k_p}{n}$$

Dabei ist

n die Anzahl der Schrauben;

k_p der Faktor zu Berücksichtigung von Abstützkräften, anzusetzen mit

$k_p = 1,2$ bei vorgespannten Schrauben;

$k_p = 1,8$ bei nicht vorgespannten Schrauben.

Alle Schrauben sollten gegen Ermüdung vorgespannt sein, siehe EN 1993-1-8.

6.4.3 Ankerschrauben

(1) Bei Ermüdungsbelastung sind die Ankerschrauben in der Regel vorzuspannen; in diesem Fall gelten die Werkstoffanforderungen in EN 1993-1-8.

ANMERKUNG Zur Wahl der Vorspannung siehe auch Regeln zu Hebelwirkungen, Spannungsniveau usw. in EN 1993-1-8.

6.4.4 Schweißverbindungen

(1) Siehe EN 1993-1-8.

ANMERKUNG Zur Ausführung siehe EN 1090.

6.5 Sonderverbindungen für Maste

6.5.1 Anschluss des Mastfußes

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

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Hinweise zu Exzentrizitäten und Grenzwerte der Hertz'schen Pressung geben.

Für den Nachweis, dass sich die Druckzone bei dem erwarteten Verdrehwinkel am Mastfuß (siehe Bild 6.2) in den Grenzen der Auflagerfläche befindet, und um die Biegemomente aus den Exzentrizitäten für die Bemessung des Lagers und des Querschnitts des Mastfußes zu ermitteln, wird die folgende Vorgehensweise empfohlen:

Bei Kugellagern sollte angenommen 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 6.2) sind dann:

$$e_u = r_1 \times \sin \psi_1 \quad (6.1a)$$

$$e_o = r_2 (\sin \psi_1 - \sin \phi) \quad (6.1b)$$

Dabei ist

r_1 der Radius des konvexen Lagerteils;

r_2 der Radius des konkaven Lagerteils;

$$r_2 > r_1$$

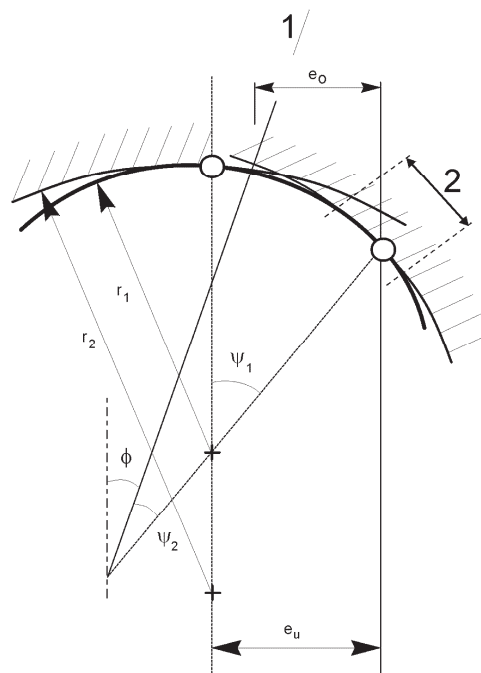
ϕ der Drehwinkel der Mastachse am Fuß;

mit

$$\psi_1 = \frac{r_2 \phi}{r_2 - r_1} \quad (6.2a)$$

$$\psi_2 = \psi_1 - \phi \quad (6.2b)$$

Bei ebener Fläche ($r_2 = \infty$) gilt $e_o = r_1 \phi \cos \phi$.



Legende

- 1 Mastachse
- 2 Druckfläche

Bild 6.2 — Exzentrizität infolge Mastdrehung am Fuß

- (2) Vorrichtungen zur Verhinderung der Verdrehung des Mastes am Mastfuß um seine Mastachse sollten so konstruiert sein, dass Verdrehungen um die horizontale Achse nicht behindert werden.
- (3) Bei eingespanntem Mastfuß sind in der Regel die möglichen Setzungen des Mastfundamentes und der Fundamente der Seilverankerungen bei der Berechnung zu berücksichtigen.

6.5.2 Anschlüsse der Abspannseile

- (1) Die Anschlüsse der Abspannseile an den Mast und die Seilfundamente sollten Verdrehungen der Seilenden in vertikaler und horizontaler Richtung erlauben, siehe EN 1993-1-11.

Bei der Bemessung und konstruktiven Durchbildung ist in der Regel zu berücksichtigen, dass die Seile sich bei Zugbelastung um die Längsachse verdrehen können.

ANMERKUNG Bei Bolzenverbindungen kann die Verdrehfreiheit durch eine „kugelförmige“ Ausbildung der Löcher in dem Anschlussblech erreicht werden. In Ausnahmefällen können auch „Kugellager“ angewendet werden.

- (2) Alle Bolzen sind in der Regel gegen Herausfallen zu sichern, z. B. durch Muttern mit Splint.
- (3) Sowohl das Anschlussblech am Mast als auch am Fundament ist in der Regel für die seitlichen Kräfte zu dimensionieren, die durch Wind senkrecht zur Seilebene entstehen.
- (4) Schweißverbindungen sollten für Sichtprüfungen und zerstörungsfreie Prüfungen zugänglich sein.

7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

7.1 Grundlagen

(1) Die folgenden Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit können maßgebend sein:

- Auslenkungen und Verdrehungen, die die Nutzung einschränken, z. B. die Funktion von Antennen oder anderen Einrichtungen;
- Schwingungen, Bewegungen oder Schiefstellungen, die die Signalübertragung stören;
- Verformungen, Auslenkungen, Schwingungen oder Schiefstellungen, die Schäden an nicht tragenden Bauteilen verursachen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Hinweise zu Begrenzungen und zugehörigen γ_M -Werten geben. Der Wert $\gamma_M = 1,0$ wird empfohlen.

7.2 Auslenkungen und Verdrehungen

7.2.1 Anforderungen

(1) Die maximalen Auslenkungen und Verdrehungen sind in der Regel für die charakteristische Lastkombination auf das Tragwerk und die Anbauten zu bestimmen.

(2) Die Auslenkungen und Verdrehungen von Masten und abgespannten Schornsteinen sollten, soweit notwendig, nach Theorie II. Ordnung (siehe EN 1993-1-1) und unter Berücksichtigung dynamischer Wirkungen berechnet werden.

7.2.2 Festlegung von Grenzwerten

(1) Die Grenzwerte sollten zusammen mit dem Lastfall für den Nachweis festgelegt werden.

ANMERKUNG Bei abgespannten Masten siehe Anhang B.

(2) Bei Funk- und Flutlichtmasten sollten die Grenzwerte für die horizontale Auslenkung und Verdrehung der Mastspitze beachtet werden. Bei Richtantennen beziehen sich die Anforderungen auf den Anschlusspunkt der Richtantenne.

7.3 Schwingungen

(1) Türme und Maste sollten zu folgenden Schwingungen untersucht werden:

- böenerregte Schwingungen (die Schwingungen in Windrichtung erzeugen);
- wirbelerregte Schwingungen bei Türmen und Masten mit prismatischen, zylindrischen oder anderen Anbauten oder mit Umhüllungen (die Schwingungen quer zur Windrichtung erzeugen);
- Galloping-Schwingungen (der Abspannseile);
- Regen-Wind-induzierte Schwingungen.

ANMERKUNG 1 Zu dynamischen Effekten siehe Anhang B, sowie EN 1991-1-4 und EN 1993-3-2, Anhang B.

ANMERKUNG 2 Schwingungen können schnell zu Ermüdungsschäden führen, siehe Abschnitt 9.

(2) Wenn bei Gittermasten und -türmen und abgespannten Schornsteinen die Gefahr von Windschwingungen vorhergesagt wird und nicht von vornherein schwingungsreduzierende Maßnahmen im Entwurf getroffen werden, sollte Vorsorge für den möglichen späteren Einbau von Dämpfungsmaßnahmen getroffen werden.

ANMERKUNG Siehe EN 1993-3-2, Anhang B.

8 Versuchsgestützte Bemessung

(1) Die Regelungen für die versuchsgestützte Bemessung in EN 1990 sind in der Regel zu beachten.

(2) Wenn die Werte für das logarithmische Dekrement der Dämpfung δ_s in EN 1991-1-4 für die Anwendung auf Gittertürme und Maste, die aus zylindrischen Elementen bestehen oder solche Elemente tragen, ungeeignet erscheinen, können Versuche durchgeführt werden, um diese Werte zu bestimmen.

ANMERKUNG EN 1993-3-2, Anhang C enthält Hinweise zur Bestimmung von δ_s .

(3) Insbesondere bei abgespannten Masten können höhere Schwingungsmoden als die Grundschiwingung maßgebend sein, so dass bei der Bestimmung des logarithmischen Dekrements der Dämpfung darauf zu achten ist.

(4) Es ist in der Regel darauf zu achten, dass die Schwingfrequenzen von den Belastungsbedingungen abhängig sind, z. B. bei ruhigem Wetter, bei Wind oder unter Eisbelastung.

9 Ermüdung

9.1 Allgemeines

(1) Für die Ermüdungsnachweise gelten die Regeln in EN 1993-1-9.

(2) Die Wirkung möglicher sekundärer Biegemomente auf die Ermüdungsbeanspruchung, die gegebenenfalls bei den Tragfähigkeitsnachweisen nicht berücksichtigt wurden, ist in der Regel zu beachten.

9.2 Ermüdungsbelastung

9.2.1 Schwingungen in Windrichtung

(1) Eine Ermüdungsbelastung infolge von böenerregten Schwingungen in Windrichtung (ohne wirbelerregte Querschwingungen) braucht bei Gittermasten und abgespannten Masten nicht ermittelt zu werden, vorausgesetzt, dass die Kerbfalldetails höher als 71 N/mm² eingestuft sind.

ANMERKUNG Die Nutzungsdauer von Konstruktionen, die böenerregten Schwingungen in Windrichtung (ohne wirbelerregte Querschwingungen) ausgesetzt sind, darf mit 50 Jahren oder größer angenommen werden.

(2) In allen anderen Fällen sollten Ermüdungsnachweise für die gewählten Konstruktionsdetails geführt werden.