

**DIN EN 1993-3-2**

ICS 91.010.30; 91.060.40; 91.080.10

Ersatz für  
DIN EN 1993-3-2:2007-02;  
mit DIN EN  
1993-3-2/NA:2010-12  
Ersatz für  
DIN V 4133:2007-07

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –  
Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine –  
Schornsteine;  
Deutsche Fassung EN 1993-3-2:2006**

Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 3-2: Towers, masts and chimneys –  
Chimneys;  
German version EN 1993-3-2:2006

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –  
Partie 3-2: Tours, mâts et cheminées –  
Cheminées;  
Version allemande EN 1993-3-2:2006

Gesamtumfang 34 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

## **DIN EN 1993-3-2:2010-12**

### **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN 1993-3-2:2006) 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 005-11-37 AA „Industrieschornsteine“ begleitet.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. 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. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

### **Änderungen**

Gegenüber DIN V ENV 1993-3-2:2002-05 und DIN V ENV 1993-3-2 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.

Gegenüber DIN EN 1993-3-2:2007-02 und DIN V 4133:2007-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

### **Frühere Ausgaben**

DIN 4133: 1973-08, 1991-11

DIN V 4133: 2007-07

DIN EN 1993-3-2: 2007-02

DIN V ENV 1993-3-2: 2002-05

DIN V ENV 1993-3-2 Berichtigung 1: 2002-11

EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

**EN 1993-3-2**

Oktober 2006

ICS 91.010.30; 91.060.40; 91.080.10

Ersatz für ENV 1993-3-2:1997

## Deutsche Fassung

# Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine

Eurocode 3: Design of steel structures —  
Part 3-2: Towers, masts and chimneys —  
Chimneys

Eurocode 3: Calcul des structures en acier —  
Partie 3-2: Tours, mâts et cheminées —  
Cheminées

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. 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 des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, 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: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel**

**DIN EN 1993-3-2:2010-12**  
**EN 1993-3-2:2006 (D)**

## Inhalt

Seite

<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>Nationaler Anhang zu EN 1993-3-2</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Allgemeines</b> .....	<b>5</b>
1.1 Anwendungsbereich .....	5
1.2 Normative Verweisungen .....	6
1.3 Annahmen .....	6
1.4 Unterscheidung zwischen verbindlichen und nicht verbindlichen Regeln .....	6
1.5 Begriffe .....	6
1.6 Formelzeichen .....	9
<b>2 Grundlagen der Tragwerksplanung</b> .....	<b>9</b>
2.1 Anforderungen .....	9
2.1.1 Grundlegende Anforderungen .....	9
2.1.2 Sicherheitsklassen .....	9
2.2 Grundsätze für Nachweise in Grenzzuständen .....	9
2.3 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse .....	10
2.3.1 Allgemeines .....	10
2.3.2 Ständige Einwirkungen .....	10
2.3.3 Veränderliche Einwirkungen .....	10
2.4 Nachweise in Grenzzuständen .....	11
2.5 Geometrische Werte .....	12
2.6 Dauerhaftigkeit .....	12
<b>3 Werkstoffe</b> .....	<b>12</b>
3.1 Allgemeines .....	12
3.2 Baustähle .....	12
3.2.1 Werkstoffeigenschaften .....	12
3.2.2 Werkstoffeigenschaften allgemeiner Baustähle .....	12
3.2.3 Mechanische Eigenschaften nichtrostender Stähle .....	12
3.3 Verbindungen .....	12
<b>4 Dauerhaftigkeit</b> .....	<b>13</b>
4.1 Korrosionszuschlag .....	13
4.2 Äußerer Korrosionszuschlag .....	13
4.3 Innerer Korrosionszuschlag .....	14
<b>5 Tragwerksberechnung</b> .....	<b>14</b>
5.1 Modellierung des Schornsteins zur Ermittlung der Beanspruchungen .....	14
5.2 Berechnung der Schnittgrößen und Spannungen .....	14
5.2.1 Untersuchung des Tragrohres .....	14
5.2.2 Imperfektionen .....	15
5.2.3 Nachweis des Gesamtsystems .....	16
<b>6 Grenzzustände der Tragfähigkeit</b> .....	<b>17</b>
6.1 Allgemeines .....	17
6.2 Tragrohre .....	17
6.2.1 Festigkeitsnachweis .....	17
6.2.2 Stabilitätsnachweise .....	18
6.3 Sicherheitsbewertung anderer Schornsteinbauteile .....	19
6.4 Anschlüsse und Verbindungen .....	19
6.4.1 Grundlagen .....	19
6.4.2 Geschraubte Flanschverbindungen .....	19
6.4.3 Anschluss eines Schornsteins an ein Fundament oder ein tragendes Bauwerk .....	20

	Seite
<b>6.5</b>	<b>Schweißverbindungen ..... 20</b>
<b>7</b>	<b>Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ..... 20</b>
<b>7.1</b>	<b>Grundlagen ..... 20</b>
<b>7.2</b>	<b>Auslenkungen ..... 21</b>
<b>8</b>	<b>Versuchsgestützte Bemessung ..... 21</b>
<b>9</b>	<b>Ermüdung ..... 21</b>
<b>9.1</b>	<b>Allgemeines ..... 21</b>
<b>9.2</b>	<b>Ermüdungsbeanspruchung ..... 22</b>
<b>9.2.1</b>	<b>Schwingungen in Windrichtung ..... 22</b>
<b>9.2.2</b>	<b>Querschwingungen ..... 22</b>
<b>9.3</b>	<b>Ermüdungsfestigkeit im Bereich hoher Lastspielzahlen ..... 22</b>
<b>9.4</b>	<b>Sicherheitsnachweis ..... 22</b>
<b>9.5</b>	<b>Teilsicherheitsbeiwerte ..... 23</b>
<b>Anhang A (normativ)</b>	<b>Zuverlässigkeitsdifferenzierung und Teilsicherheitsbeiwerte für</b>
	<b>Einwirkungen ..... 24</b>
<b>A.1</b>	<b>Zuverlässigkeitsdifferenzierung für Stahlschornsteine ..... 24</b>
<b>A.2</b>	<b>Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen ..... 24</b>
<b>Anhang B (informativ)</b>	<b>Aerodynamische und dämpfende Maßnahmen ..... 25</b>
<b>B.1</b>	<b>Allgemeines ..... 25</b>
<b>B.2</b>	<b>Aerodynamische Maßnahmen ..... 25</b>
<b>B.3</b>	<b>Dynamische Schwingungsdämpfer ..... 26</b>
<b>B.4</b>	<b>Seile mit dämpfenden Vorrichtungen ..... 26</b>
<b>B.5</b>	<b>Direkte Dämpfung ..... 26</b>
<b>Anhang C (informativ)</b>	<b>Ermüdungsfestigkeit und Qualitätsanforderungen ..... 27</b>
<b>C.1</b>	<b>Allgemeines ..... 27</b>
<b>C.2</b>	<b>Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit bei speziellen Qualitätsanforderungen ..... 27</b>
<b>Anhang D (informativ)</b>	<b>Versuchsgestützte Bemessung ..... 31</b>
<b>D.1</b>	<b>Allgemeines ..... 31</b>
<b>D.2</b>	<b>Definition des logarithmischen Dämpfungsdekrements ..... 31</b>
<b>Anhang E (informativ)</b>	<b>Ausführung ..... 32</b>
<b>E.1</b>	<b>Allgemeines ..... 32</b>
<b>E.2</b>	<b>Ausführungstoleranzen ..... 32</b>
<b>E.3</b>	<b>Qualität der Schweißverbindungen und Ermüdung ..... 32</b>

**DIN EN 1993-3-2:2010-12**  
**EN 1993-3-2:2006 (D)**

## **Vorwort**

Dieses Dokument EN 1993-3-2, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine 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 1993-3-2.

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.

## **Nationaler Anhang zu EN 1993-3-2**

Diese Norm enthält alternative Methoden, Zahlenangaben und Empfehlungen in Verbindung mit Anmerkungen, die darauf hinweisen, wo Nationale Festlegungen getroffen werden können. EN 1993-3-2 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:

- 2.3.3.1(1)
- 2.3.3.5(1)
- 2.6(1)
- 4.2(1)
- 5.1(1)
- 5.2.1(3)
- 6.1(1)P
- 6.2.1(6)
- 6.4.1(1)
- 6.4.2(1)
- 6.4.3(2)
- 7.2(1)
- 7.2(2)
- 9.1(3)
- 9.1(4)
- 9.5(1)
- A.1(1)
- A.2(1) (zweimal)
- C.2(1)

# 1 Allgemeines

## 1.1 Anwendungsbereich

(1) EN 1993-3-2 behandelt die Bemessung und Konstruktion vertikaler Stahlschornsteine mit zylindrischer oder konischer Form. Sie schließt Schornsteine ein, die als Kragsystem ausgebildet oder auf unterschiedlichen Ebenen abgestützt oder abgespannt sind.

(2) Die Regeln in diesem Teil ergänzen die Regeln von EN 1993-1-1.

(3) Der Teil 3-2 befasst sich nur mit den Belangen der Beanspruchbarkeit (Festigkeit, Stabilität, Ermüdung) von Stahlschornsteinen.

ANMERKUNG In diesem Zusammenhang (d. h. Beanspruchbarkeit) bezieht sich der Begriff „Schornstein“ auf:

- a) Schornsteinkonstruktionen;
- b) die zylindrischen Stahlbauteile von Türmen;
- c) den zylindrischen Stahlschaft abgespannter Maste.

(4) Chemische Beanspruchung, thermodynamisches Verhalten und Wärmedämmung sind in EN 13084-1 geregelt, Bemessung und Konstruktion von Innenrohren in EN 13084-6.

(5) Stahlbetonfundamente für Stahlschornsteine werden in EN 1992 und EN 1997 behandelt. Siehe auch EN 13084-1, 4.7 und 5.4.

(6) Windlasten sind in EN 1991-1-4 geregelt.

ANMERKUNG Verfahren zur Berechnung der Windwirkungen auf abgespannte Schornsteine werden in EN 1993-3-1, Anhang B angegeben.

(7) Dieser Teil enthält keine besonderen Regeln für die Bemessung und Konstruktion im Hinblick auf Erdbeben; diese sind in EN 1998-6 enthalten. Siehe auch EN 13084-1, 5.2.4.1.

(8) Regeln für Abspannungen und deren Anschlüsse sind in EN 1993-3-1 und in EN 1993-1-11 zu finden.

(9) Bei der Fertigung und Montage von Stahlschornsteinen sollten EN 1090-2 und EN 13084-1 beachtet werden.

ANMERKUNG Fertigung und Montage werden nur in dem Umfang behandelt, dass die Qualität der zur Verwendung vorgesehenen Werkstoffe und Bauprodukte für tragende Teile und die Qualität der Montage erkennbar wird, die für die Gültigkeit der Bemessungsregeln vorausgesetzt wurde.

(10) Folgende Themen werden in EN 1993-3-2 behandelt:

- Abschnitt 1: Allgemeines;
- Abschnitt 2: Grundlagen der Tragwerksplanung;
- Abschnitt 3: Werkstoffe;
- Abschnitt 4: Dauerhaftigkeit;
- Abschnitt 5: Tragwerksberechnung;
- Abschnitt 6: Grenzzustände der Tragfähigkeit;
- Abschnitt 7: Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit;
- Abschnitt 8: Versuchsgestützte Bemessung;
- Abschnitt 9: Ermüdung.

**DIN EN 1993-3-2:2010-12**  
**EN 1993-3-2:2006 (D)**

## **1.2 Normative Verweisungen**

Diese Europäische Norm nimmt teilweise Bezug auf andere Regelwerke. Die normativen Verweise werden an den betreffenden Stellen zitiert und sind in der nachstehenden Liste enthalten. Für Dokumente, die ein Ausgabedatum tragen, gilt, dass eine neuere Ausgabe für das Arbeiten mit dieser Europäischen Norm nur dann anzuwenden ist, wenn hierfür ein Hinweis vorhanden ist. Bei nicht datierten Dokumenten ist die neueste Version maßgebend.

EN 1090, *Ausführung von Tragwerken aus Stahl*

EN 10025, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*

EN 10088, *Nichtrostende Stähle*

EN 13084-1, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

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

## **1.3 Annahmen**

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

## **1.4 Unterscheidung zwischen verbindlichen und nicht verbindlichen Regeln**

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

## **1.5 Begriffe**

(1) In dieser EN 1993-3-2 gelten die allgemeinen Begriffe nach EN 1990.

(2) Zusätzlich zu EN 1993-1 gelten für die Anwendung in diesem Teil 3-2 die folgenden Begriffe. Bild 1.1 zeigt einige der bei Schornsteinkonstruktionen verwendeten Begriffe.

### **1.5.1**

#### **Schornstein**

vertikal angeordnetes Bauwerk oder Teil eines Bauwerks, das Abgase von Feuerstätten, andere Abgase oder Fortluft in die Atmosphäre oder Zuluft leitet

### **1.5.2**

#### **selbsttragender Schornstein**

Schornstein, dessen Tragrohr oberhalb des eingespannten Fußpunktes nicht mit anderen Bauwerken verbunden ist

### **1.5.3**

#### **abgespannter Schornstein**

Schornstein, dessen Tragrohr in einer oder mehreren Höhenlage(n) durch Abspannungen gehalten wird

### **1.5.4**

#### **einwandiger Schornstein**

Schornstein, bei dem das Tragrohr gleichzeitig abgasführendes Rohr ist; es kann wärme gedämmt und/oder ausgekleidet sein

### **1.5.5**

#### **doppelwandiger Schornstein**

Schornstein mit einem äußeren Tragrohr aus Stahl und einem abgasführenden Innenrohr



**1.5.6****mehrzügiger Schornstein**

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

**1.5.7****Innenrohr**

die innerhalb des Tragrohres liegende tragende Schale der Innenrohrkonstruktion

**1.5.8****Innenrohrkonstruktion**

Gesamtsystem, wenn vorhanden, das die Abgase vom Tragrohr trennt; darin enthalten sind ein Innenrohr und dessen Abstützungen, der Raum zwischen Innenrohr und Tragrohr und, wenn vorhanden, die Wärmedämmung

**1.5.9****Tragrohr**

das hauptsächlich tragende Stahlbauteil des Schornsteins, ohne Flansche

**1.5.10****aerodynamische Vorrichtung**

eine am Schornstein angebrachte Vorrichtung, um Schwingungsanregung infolge von Wirbeln zu reduzieren, ohne die Bauwerksdämpfung zu erhöhen

**1.5.11****Dämpfungsvorrichtung**

eine am Schornstein angebrachte Vorrichtung zur Reduzierung wirbelerregter Querschwingungen durch Erhöhung der Strukturdämpfung

**1.5.12****Spoiler**

eine an der Schornsteinoberfläche angebrachte Vorrichtung zur Reduzierung winderregter Querschwingungen

**1.5.13****Schraubenwendel oder Störstreifen**

Vorrichtungen an der äußeren Oberfläche des Schornsteins zur Reduzierung winderregter Querschwingungen

**1.5.14****Fußplatte**

eine horizontal am Schornsteinfuß angeordnete Platte

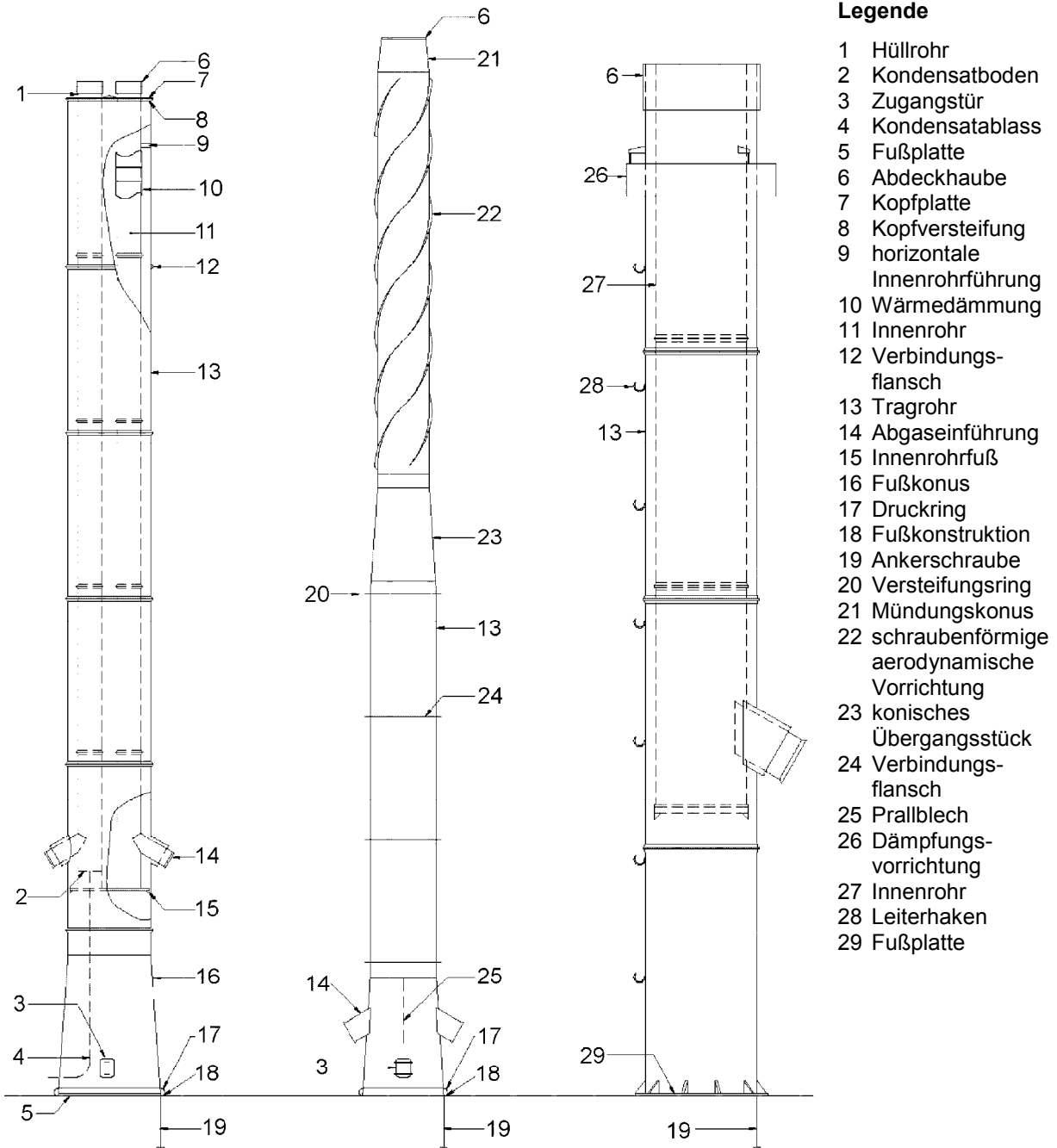
**1.5.15****Ankerschraube**

Schraube zur Verbindung des Schornsteins mit dem Fundament

**1.5.16****Ringsteife**

horizontal angeordnetes Bauteil zur Verhinderung von Querschnittsovalisierungen und zur Erhaltung der Kreisform des Schornsteintragrohrs während Herstellung und Transport; horizontales Bauteil zur Versteifung an Öffnungen oder ggf. bei Änderungen der Mantelneigung des Tragrohrs

DIN EN 1993-3-2:2010-12  
EN 1993-3-2:2006 (D)



**Legende**

- 1 Hüllrohr
- 2 Kondensatboden
- 3 Zugangstür
- 4 Kondensatablass
- 5 Fußplatte
- 6 Abdeckhaube
- 7 Kopfplatte
- 8 Kopfversteifung
- 9 horizontale Innenrohrführung
- 10 Wärmedämmung
- 11 Innenrohr
- 12 Verbindungsflansch
- 13 Tragrohr
- 14 Abgaseinführung
- 15 Innenrohrfuß
- 16 Fußkonus
- 17 Druckring
- 18 Fußkonstruktion
- 19 Ankerschraube
- 20 Versteifungsring
- 21 Mündungskonus
- 22 schraubenförmige aerodynamische Vorrichtung
- 23 konisches Übergangsstück
- 24 Verbindungsflansch
- 25 Prallblech
- 26 Dämpfungsvorrichtung
- 27 Innenrohr
- 28 Leiterhaken
- 29 Fußplatte

Mehrzügiger Schornstein   Einwandiger Schornstein   Doppelwandiger Schornstein

**Bild 1.1 — Bei Schornsteinkonstruktionen verwendete Begriffe**

## 1.6 Formelzeichen

(1) Die im Folgenden aufgeführten Formelzeichen werden zusätzlich zu den in EN 1993-1-1 aufgeführten verwendet.

<i>c</i>	Korrosionszuschlag;
<i>N</i>	Lastspielzahl;
<i>b</i>	Durchmesser;
<i>d</i>	Schraubendurchmesser;
<i>h</i>	Höhe;
<i>m</i>	Steigung;
<i>t</i>	Zeit;
<i>w</i>	Winddruck;
ref	Referenz;
crit	kritischer Wert;
ext	außen;
<i>F</i>	Einwirkung;
<i>f</i>	Ermüdung;
int	innen;
lat	seitlich (quer zur Windrichtung);
top	Mündung/Kopf;
<i>R</i>	Bruch/Versagen;
<i>Temp</i>	Temperatur;
$\lambda$	Äquivalenzfaktor;
$\eta$	Faktor zur Berücksichtigung von Effekten aus der Theorie II. Ordnung.

(2) Weitere Formelzeichen werden definiert, wenn sie zum ersten Mal verwendet werden.

## 2 Grundlagen der Tragwerksplanung

### 2.1 Anforderungen

#### 2.1.1 Grundlegende Anforderungen

(1) Siehe EN 1993-1-1.

(2)P Ein Schornstein ist so zu bemessen und zu konstruieren, dass er, vorausgesetzt er ist ordnungsgemäß ausgeführt und instand gehalten, die grundlegenden Anforderungen nach EN 1990 und EN 13084-1 erfüllt.

(3) Die Tragwerksplanung abgespannter Schornsteine ist in Übereinstimmung mit den maßgebenden Abschnitten von EN 1993-3-1 und diesem Teil zu führen.

#### 2.1.2 Sicherheitsklassen

(1) Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit von Schornsteinen können in Abhängigkeit von möglichen Schadensfolgen für Objekte, Personen oder die Allgemeinheit unterschiedliche Sicherheitsklassen angenommen werden.

ANMERKUNG Zur Definition der verschiedenen Sicherheitsklassen siehe Anhang A.

### 2.2 Grundsätze für Nachweise in Grenzzuständen

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

## DIN EN 1993-3-2:2010-12 EN 1993-3-2:2006 (D)

### 2.3 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

#### 2.3.1 Allgemeines

- (1) P Die allgemeinen Anforderungen von EN 1990, Abschnitt 4 sind anzuwenden.
- (2) Festigkeit und Stabilität von Schornsteinen sind in der Regel für die in 2.3.2 und 2.3.3 beschriebenen Einwirkungen nachzuweisen.

#### 2.3.2 Ständige Einwirkungen

- (1) Für die Ermittlung des Eigengewichts ist in der Regel die volle Dicke der Stahlbleche ohne eine Abminderung durch Korrosion anzusetzen.
- (2) In der Regel schließen die ständigen Einwirkungen das ermittelte Gewicht aller ständig vorhandenen Bauteile und anderer Elemente, einschließlich aller Anschlussstücke, Wärmedämmung, Staublasten, Ascheanbackungen, Beschichtungen und anderer Lasten ein. Das Gewicht des Schornsteins und seiner Auskleidung ist in der Regel nach EN 1991-1-1 gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Langzeitwirkungen von Flüssigkeiten oder Feuchtigkeit auf die Dichte der Auskleidung zu ermitteln.

#### 2.3.3 Veränderliche Einwirkungen

##### 2.3.3.1 Nutzlasten

- (1) An Bühnen und Geländern sind in der Regel Nutzlasten anzusetzen.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang darf Hinweise zu Nutzlasten auf Bühnen und Geländer geben. Es werden folgende charakteristische Werte für Nutzlasten auf Bühnen und Geländer empfohlen:

— Nutzlast auf Bühnen: **2,0 kN/m<sup>2</sup>**, (siehe auch EN 13084-1) (2.1a)

— Horizontallast auf Geländer: **0,5 kN/m** (2.1b)

ANMERKUNG 2 Diese Einwirkungen brauchen nicht mit klimatischen Einwirkungen überlagert zu werden.

##### 2.3.3.2 Windlasten

- (1) Einwirkungen aus Wind sind in der Regel nach EN 1991-1-4 zu berücksichtigen.
- (2) In der Regel sind Windlasten auf die Außenflächen eines Schornsteins als Ganzes und auf Anbauteile, zum Beispiel eine Leiter, anzusetzen. Neben den Windkräften infolge des böigen Windes, die im Allgemeinen in Windrichtung wirken, sind in der Regel Kräfte infolge von Wirbelablösungen, die Querschwingungen eines Schornsteins verursachen, zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Abgespannte Schornsteine siehe EN 1993-3-1, Anhang B.

- (3) Andere Windeinwirkungen, wie zum Beispiel solche infolge ungleicher Winddruckverteilung (ovalisierende Querschnittsverformung) oder Interferenzeffekte, sind in der Regel zu berücksichtigen, wenn die maßgebenden Grenzwerte überschritten werden, siehe 5.2.1.
- (4) In der Regel sind Einwirkungen, die durch Interferenz-Galloping oder klassisches Galloping verursacht werden, nach EN 1991-1-4 abzuschätzen.
- (5) Wenn bei einem Schornstein gefährliche winderregte Schwingungen zu erwarten sind, können diese durch Maßnahmen bei der Bemessung und Konstruktion oder mit Hilfe von Dämpfungsvorrichtungen reduziert werden, siehe Anhang B.

### **2.3.3.3 Innendruck**

(1) Wenn anlagenbedingt im Schornstein außerplanmäßiger Über- oder Unterdruck auftreten kann, ist dieser in der Regel wie eine außergewöhnliche Einwirkung zu behandeln.

ANMERKUNG Der Unterdruck kann zum Beispiel aus der Strömungsgeschwindigkeit des Gases, der Gasdichte, dem gesamten Strömungswiderstand und den Umgebungsbedingungen ermittelt werden. Siehe EN 13084-1, Anhang A.

### **2.3.3.4 Wärmeeinwirkungen**

(1) Wärmeeinwirkungen können aus einer gleichmäßigen sich über das gesamte Bauteil erstreckenden Wärmewirkung und aus Temperaturunterschieden resultieren, die durch meteorologische und betriebliche Einflüsse, einschließlich solcher infolge von ungleichmäßiger Gasströmung, verursacht werden.

(2) Meteorologische Temperatureinwirkungen siehe EN 1991-1-5.

(3) Temperaturen aufgrund von Betriebszuständen und infolge von ungleichmäßiger Gasströmung sind in der Regel zu beachten, siehe EN 13084-1 und EN 13084-6.

### **2.3.3.5 Eislasten**

(1) Wenn an einem Schornstein Eisansatz auftreten kann, sind in der Regel die Dicke, die Dichte und die Verteilung der Eisschicht zu ermitteln.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang darf weitere Hinweise zu Eislasten enthalten.

ANMERKUNG 2 Siehe auch EN 1993-3-1, 2.3.2.

### **2.3.3.6 Erdbebeneinwirkungen**

(1) Erdbebeneinwirkungen sind in der Regel nach EN 1998-6 zu ermitteln. Siehe auch EN 13084-1.

### **2.3.3.7 Feuer**

(1) Die Gefahr eines Feuers im Inneren eines Schornsteines ist in der Regel zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Feuer in einem Schornstein kann durch die Entzündung folgender Stoffe entstehen:

- aus dem zugehörigen Kessel oder der Feuerungsanlage unverbrannt ausgetragenes Brennmaterial;
- unverbrannte Kohlenwasserstoffreste als Folge eines Kesselrohrbruches;
- Ruß- und Schwefelablagerungen;
- Ablagerungen z. B. von Textilprodukten, Schmierstoffen oder Kondensaten.

(2) Die tragenden Bauteile dürfen in der Regel durch die Brandeinwirkung nicht versagen; auch andere Teile in der Nähe des Schornsteins dürfen in der Regel nicht bis zu ihrem Flammpunkt erhitzt werden. Wenn die Gefahr von Feuer besteht, ist in der Regel ein geeigneter Brandschutz vorzusehen. Siehe EN 13084-6 und EN 13084-7.

### **2.3.3.8 Chemische Beanspruchung**

(1) Zu chemischen Beanspruchungen siehe EN 13084-1.

## **2.4 Nachweise in Grenzzuständen**

(1) Zu Bemessungswerten der Einwirkungen sowie Einwirkungskombinationen siehe EN 1990.

## **DIN EN 1993-3-2:2010-12** **EN 1993-3-2:2006 (D)**

(2) Zusätzlich zu den Nachweisen im Grenzzustand der Tragfähigkeit und den Ermüdungssicherheitsnachweisen kann die Begrenzung von Amplituden im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (siehe Abschnitt 7) maßgebend sein.

ANMERKUNG Teilsicherheitsbeiwerte für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit siehe Anhang A.

### **2.5 Geometrische Werte**

(1) Steifigkeit und Festigkeit tragender Bauteile sind in der Regel mit den Nennwerten der geometrischen Größen, gegebenenfalls unter Berücksichtigung sowohl des Korrosionszuschlags als auch des Temperatureinflusses, zu ermitteln. Siehe Abschnitte 3 und 5.

### **2.6 Dauerhaftigkeit**

(1) Die Dauerhaftigkeit ist in der Regel durch die Durchführung der Ermüdungsnachweise (siehe Abschnitt 9), die Wahl einer rechnerisch geeigneten Wanddicke (siehe Abschnitt 4) und/oder einen angemessenen gewählten Korrosionsschutz gegeben. Siehe auch EN 1993-1-1, Abschnitt 4.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Angaben zur Entwurfslebensdauer des Bauwerks enthalten. Eine Entwurfslebensdauer von 30 Jahren wird empfohlen.

## **3 Werkstoffe**

### **3.1 Allgemeines**

(1) Siehe EN 1993-1-1, EN 1993-1-3 und 1993-1-4.

### **3.2 Baustähle**

#### **3.2.1 Werkstoffeigenschaften**

(1) Die Veränderung der Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit von Umgebungs- und Betriebstemperaturen ist in der Regel zu berücksichtigen, siehe 3.2.2(1).

(2) Bei Temperaturen oberhalb von 400 °C sind die Auswirkungen des temperaturbedingten Kriechens in der Regel zu berücksichtigen, um Kriechbrüche zu vermeiden.

(3) Zu Zähigkeitsanforderungen an Baustahl siehe EN 1993-1-10.

#### **3.2.2 Werkstoffeigenschaften allgemeiner Baustähle**

(1) Zu mechanischen Eigenschaften allgemeiner Baustähle S 235, S 275, S 355, S 420, S 460 und zu wetterfesten Baustählen S 235, S 275, S 355 siehe EN 1993-1-1. Zu Eigenschaften bei höheren Temperaturen siehe EN 13084-7.

#### **3.2.3 Mechanische Eigenschaften nichtrostender Stähle**

(1) Zu mechanischen Eigenschaften nichtrostender Stähle bei Temperaturen bis 400 °C siehe EN 1993-1-4. Zu Eigenschaften bei höheren Temperaturen siehe EN 10088 und EN 13084-7.

### **3.3 Verbindungen**

(1) Zu Werkstoffen von Verbindungsmitteln, Schweißzusatzwerkstoffen usw. siehe EN 1993-1-8.

## 4 Dauerhaftigkeit

### 4.1 Korrosionszuschlag

(1) Wenn für Oberflächen, die der Korrosion ausgesetzt sind, ein Korrosionszuschlag vorgesehen ist, sind Widerstand und Ermüdung in der Regel auf der Grundlage der Stahldicke ohne Korrosionszuschlag zu berechnen, sofern sich nicht ungünstigere Spannungen ergeben, wenn die Dicke einschließlich des Korrosionszuschlags berücksichtigt wird.

(2) Der Korrosionszuschlag ist in der Regel die Summe aus äußerem ( $c_{ext}$ ) und innerem ( $c_{int}$ ) Korrosionszuschlag, wie nachstehend angegeben. Diese Zuschläge sind in der Regel insgesamt oder anteilig für jeden weiteren 10-Jahres-Zeitraum anzusetzen, falls erforderlich.

(3) Der gesamte Korrosionszuschlag ist in der Regel zu der Dicke hinzuzurechnen, die aufgrund der Festigkeits- und Stabilitätsnachweise erforderlich ist.

### 4.2 Äußerer Korrosionszuschlag

(1) Der äußere Korrosionszuschlag ist in der Regel in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen zu wählen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Werte für den äußeren Korrosionszuschlag  $c_{ext}$  enthalten. Für normale Umgebungsbedingungen werden die Werte der Tabelle 4.1 empfohlen.

**Tabelle 4.1 — Äußerer Korrosionszuschlag  $c_{ext}$**

Schutzsystem	Beaufschlagungsdauer	
	für die ersten 10 Jahre	für jeden weiteren 10-Jahres-Zeitraum
beschichteter allgemeiner Baustahl (ohne Konzept für die Instandhaltung der Beschichtung)	0 mm	1 mm
beschichteter allgemeiner Baustahl (mit einem Konzept für die Instandhaltung der Beschichtung)	0 mm	0 mm
beschichteter allgemeiner Baustahl, durch Wärmedämmung und wasserdichte Bekleidung geschützt	0 mm	1 mm
ungeschützter allgemeiner Baustahl	1,5 mm	1 mm
ungeschützter wetterfester Baustahl (siehe (3))	0,5 mm	0,3 mm
ungeschützter nichtrostender Stahl	0 mm	0 mm
ungeschützte innere Oberfläche des Tragrohrs und ungeschützte äußere Oberfläche des Innenrohres in einem doppelwandigen oder mehrzügigen Schornstein (bei allgemeinen oder wetterfesten Baustählen)	0,2 mm	0,1 mm

(2) Der äußere Korrosionszuschlag gilt nur für den oberen Abschnitt des Schornsteins mit der Länge  $5b$ , wobei  $b$  der äußere Durchmesser des Schornsteins ist. Wenn ein Schornstein aggressiven Umgebungsbedingungen ausgesetzt ist, die zum Beispiel durch Industrieemissionen, nahe gelegene Schornsteine oder unmittelbare Nähe zur See bedingt sind, ist in der Regel eine Erhöhung dieser Werte in Erwägung zu ziehen oder es sind andere Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

(3) Folgende Maßnahmen sollten berücksichtigt werden:

- a) Verbindungen sollten so ausgebildet werden, dass der Verbleib von Feuchtigkeit ausgeschlossen oder minimiert wird. Zum Beispiel sollten die Ausrichtung der Bauteile, Rand- und Lochabstände usw. in die Überlegungen miteinbezogen werden, oder es sollte ein besonderer Schutz der Verbindungen vorgesehen werden.

**DIN EN 1993-3-2:2010-12**  
**EN 1993-3-2:2006 (D)**

- b) Im Fußbereich des Schornsteins sollte die Vegetation von dem Bauwerk ferngehalten werden.
  - c) Unmittelbar einbetonierte Teile oder Teile für die Verankerung sollten beschichtet werden, um mögliche Korrosion infolge von Kontakt mit dem Erdreich und ständigem Kontakt mit Feuchtigkeit zu minimieren.
- (4) Wenn wetterfester Stahl eingesetzt wird, sind in der Regel die Vorgaben in (3) zu berücksichtigen.

### **4.3 Innerer Korrosionszuschlag**

- (1) Werte für den inneren Korrosionszuschlag ( $c_{int}$ ) werden in EN 13084-7 angegeben.

## **5 Tragwerksberechnung**

### **5.1 Modellierung des Schornsteins zur Ermittlung der Beanspruchungen**

- (1) Im Allgemeinen braucht bei den Nachweisen des Schornsteins im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Kopplung zwischen Tragrohr und Innenrohr nicht beachtet zu werden. Zwängungen des Innenrohrs, die sich ungünstig auf die Sicherheit des Rohrs auswirken können, sind jedoch in der Regel zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Dämpfungseffekte infolge der Wechselwirkung zwischen Trag- und Innenrohr dürfen berücksichtigt werden. Der Nationale Anhang darf weitere Angaben dazu enthalten.

- (2) Festigkeit und Stabilität des Innenrohrs sind in der Regel unter Berücksichtigung der vom Tragrohr aufgezwungenen Verformung nachzuweisen.

- (3) Die Auswirkungen der Temperatur auf die Steifigkeit und Festigkeit der für den Schornstein verwendeten Stähle sind in der Regel zu berücksichtigen.

- (4) Bei der Berechnung der Steifigkeit des Schornsteines ist in der Regel die Wanddicke des Rohrs ohne Korrosionszuschlag anzusetzen, es sei denn, dass die Wanddicke einschließlich Korrosionszuschlag ungünstigere Spannungen ergibt. Die beiden Korrosionszuschläge, der äußere und der innere, sind in der Regel nach 4.2 und 4.3 zu berücksichtigen.

### **5.2 Berechnung der Schnittgrößen und Spannungen**

#### **5.2.1 Untersuchung des Tragrohres**

- (1) Ermittlung der Schnittgrößen und Spannungen im Tragrohr siehe EN 1993-1-6.

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

ANMERKUNG Regeln und Formeln zur Berechnungsmethode LA von Zylindern und konischen Schalen sind in EN 1993-1-6 angegeben.

- (3) Bei nicht ausgesteiften vertikal angeordneten zylindrischen Schalen dürfen die Membranspannungen infolge äußerer Einwirkungen mit Hilfe der Membrantheorie ermittelt werden, bei der der Zylinder als Balken betrachtet wird, wenn die Schalenwirkung, mit Ausnahme der Biegemomente in Umfangsrichtung infolge der ungleichmäßigen Verteilung des Winddrucks über den Umfang, vernachlässigt werden kann.



ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Grenzbedingungen für die Vernachlässigung der Schalenwirkung angeben. Die folgenden Bedingungen und Nachweisverfahren werden empfohlen:

$$\frac{l}{r_m} \geq 0,14 \frac{r_m}{t} + 10 \quad (5.1)$$

Dabei ist

- $l$  die Gesamthöhe;
- $r_m$  der mittlerer Radius des Tragrohres (in der Mitte der Schalenwand);
- $t$  die Wanddicke ohne Korrosionszuschlag.

Die Biegemomente in Umfangsrichtung je Längeneinheit dürfen näherungsweise wie folgt ermittelt werden:

$$m_y = 0,5 r_m^2 w_e \quad (5.2)$$

Dabei ist

- $w_e$  der Winddruck auf die Außenfläche der Schale nach EN 1991-1-4, 5.1, in der Höhe  $z$ .

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

$$\frac{r_m}{t} \leq 160 \quad (5.3)$$

Bei zylindrischen Schalen mit Ringsteifen und bei mehreren zusammengesetzten zylindrischen und konischen Schalen mit Ringsteifen dürfen die Membranspannungen unabhängig vom  $l/r_m$ - und vom  $r_m/t$ -Verhältnis nach der Membrantheorie ermittelt werden, wobei das Bauteil insgesamt als Balken angenommen werden darf. Die Schalenwirkung darf vernachlässigt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

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

Die Festigkeitsnachweise, siehe 6.2.1, und Beulsicherheitsnachweise, siehe 6.2.2, sind in der Regel mit den aus den oben aufgeführten Berechnungen resultierenden Schnittgrößen und Spannungen zu führen.

### 5.2.2 Imperfektionen

(1) Bei fußeingespannten auskragenden Schornsteinen ist in der Regel eine Schiefstellung anzunehmen, und zwar in Form einer seitlichen Abweichung  $\Delta$  (in m) des Schornsteinkopfes aus der Lotrechten von

$$\Delta = \frac{h}{500} \sqrt{1 + \frac{50}{h}} \quad (5.4)$$

Dabei ist

- $h$  die Gesamthöhe des Schornsteins in m.

**DIN EN 1993-3-2:2010-12**  
**EN 1993-3-2:2006 (D)**

(2) Örtliche Imperfektionen des Tragrohres sind bereits in den Festigkeitsformeln für den Beulsicherheitsnachweis nach EN 1993-1-6 berücksichtigt und brauchen beim Nachweis des Gesamtsystems nicht angesetzt zu werden.

ANMERKUNG Siehe auch die maßgebenden geometrischen Toleranzen im Anhang E.

(3) Bauteilimperfektionen anderer Schornsteinbauteile unter zentrischem Druck sind in der Regel in Übereinstimmung mit EN 1993-1-1, 5.3 zu berücksichtigen.

### 5.2.3 Nachweis des Gesamtsystems

(1) Wenn das Tragrohr als Balken berechnet wird, siehe 5.2.1, kann nach Theorie I. Ordnung gerechnet werden, wenn:

$$\frac{N_b}{N_{crit}} \leq 0,10 \quad (5.5)$$

Dabei ist

- $N_b$  der Bemessungswert der gesamten Vertikallast am Fußpunkt des Tragrohres;  
 $N_{crit}$  die elastische kritische Last am Fußpunkt des Tragrohres für Stabilitätsversagen (Knicken) (siehe EN 1993-1-6).

(2) Wenn das Tragrohr als Balken berechnet wird, siehe 5.2.1, und für das Gesamtsystem nach Theorie II. Ordnung gerechnet werden muss, können die Biegemomente nach Theorie II. Ordnung,  $M'_b$ , aus denen nach der Theorie I. Ordnung,  $M_b$ , abgeleitet werden gemäß:

$$M'_b = M_b \left( 1 + \frac{\eta^2}{8} \right) \quad (5.6)$$

$$\eta = h \sqrt{\left( \frac{N_b}{EI} \right)} \quad (5.7)$$

Dabei ist

- $h$  die Gesamthöhe des Tragrohres;  
 $EI$  die Biegesteifigkeit am Fußpunkt des Tragrohres.

(3) Diese vereinfachte Vorgehensweise darf nur angewendet werden, wenn:

$$\eta \leq 0,8 \quad (5.8a)$$

und

$$\frac{N_{top}}{N_b} \leq 0,10 \quad (5.8b)$$

Dabei ist

- $N_{top}$  der Bemessungswert der gesamten Vertikallast am Kopf des Tragrohres.

## 6 Grenzzustände der Tragfähigkeit

### 6.1 Allgemeines

(1)P Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  ist wie folgt anzusetzen:

- Beanspruchbarkeit von tragenden Teilen oder Bauteilen mit Bezug auf die Streckgrenze  $f_y$ , wenn kein globales oder örtliches Stabilitätsversagen eintreten kann:  $\gamma_{M0}$ ;
- Beanspruchbarkeit von tragenden Teilen oder Bauteilen mit Bezug auf die Streckgrenze  $f_y$ , wenn globales oder örtliches Stabilitätsversagen eintreten kann:  $\gamma_{M1}$ ;
- Beanspruchbarkeit von tragenden Teilen oder Bauteilen mit Bezug auf die Zugfestigkeit  $f_u$ :  $\gamma_{M2}$ ;
- Beanspruchbarkeit von Verbindungen und Anschlüssen, siehe EN 1993-1-8.

ANMERKUNG Diese Werte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Folgende Werte werden empfohlen:

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

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

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

(2)P Bei Schornsteinen müssen folgende Grenzzustände nachgewiesen werden:

- statisches Gleichgewicht;
- Festigkeit der Tragelemente;
- Gesamtstabilität;
- örtliches Stabilitätsversagen ihrer tragenden Bauteile;
- Ermüdung ihrer tragenden Bauteile (einschließlich Ermüdung bei niedriger Lastspielzahl, wenn erforderlich);
- Versagen von Verbindungen.

### 6.2 Tragrohre

#### 6.2.1 Festigkeitsnachweis

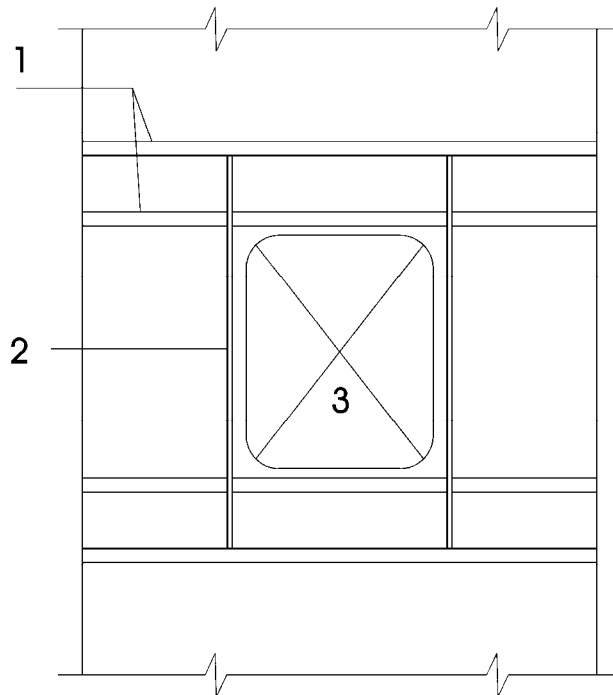
(1) Die Festigkeit des Tragrohres und des Innenrohres ist in der Regel gegen den Grenzzustand des plastischen Versagens oder des Bruches bei Zug nachzuweisen.

(2) Wenn das Tragrohr oder das Innenrohr für äußere Einwirkungen als Balken bemessen wird, siehe 5.2.1, geschieht dies in der Regel in Übereinstimmung mit EN 1993-1-1 oder EN 1993-1-3, wobei die Querschnittsklasse des Rohrabschnittes zu beachten ist.

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

(4) Eine Schwächung von Querschnittsteilen durch Ausschnitte und Öffnungen (z. B. Mannlöcher, Abgas-eintrittsöffnung usw.) wird in der Regel durch eine entsprechend bemessene Verstärkung kompensiert, wobei die örtliche Schalenstabilität und Ermüdungswirkungen zu berücksichtigen sind, was dazu führen kann, dass Steifen im Bereich der Öffnungsränder erforderlich sind, siehe Bild 6.1.

**DIN EN 1993-3-2:2010-12**  
**EN 1993-3-2:2006 (D)**



**Legende**

- 1 mögliche Ringsteifen
- 2 Längssteifen
- 3 Öffnung

**Bild 6.1 — Aussteifungen um Ausschnitte und Öffnungen**

(5) Wenn Längssteifen angeordnet werden, ist in der Regel sicherzustellen, dass Biegespannungen des Tragrohrs in Umfangsrichtung, die sich ober- und unterhalb in der Nähe der Öffnung einstellen, berücksichtigt werden, wenn die Lastverteilung der in Meridianrichtung (längs) verlaufenden Spannungen berücksichtigt wird.

(6) Längssteifen sind in der Regel ausreichend lang zu wählen, damit sie in der Lage sind, die Kräfte in den ungeschwächten Bereich des Tragrohres einzuleiten.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Grenzbedingungen für die Öffnungen definieren. Die folgenden Grenzen werden empfohlen. Die örtliche Spannungsverteilung kann im Allgemeinen als ausreichend erachtet werden, wenn die Verbindelänge der Steifen oberhalb und unterhalb der Öffnung mindestens das 0,8-fache des Abstands zwischen den Steifen oder das 0,8-fache der Höhe der Öffnung beträgt, je nachdem, welcher Wert größer ist, und der Öffnungswinkel maximal 120° beträgt.

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

(8) Ringsteifen sind in der Regel nach EN 1993-1-6, Anhang C nachzuweisen.

**6.2.2 Stabilitätsnachweise**

(1) Die Stabilität des Tragrohrs ist in der Regel sicherzustellen, indem lokales Schalenbeulen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN 1993-1-6, Abschnitt 8 nachgewiesen wird.

(2) Wenn das Tragrohr im Hinblick auf äußere Einwirkungen insgesamt als Balken berechnet wird, siehe 5.2.1, ist in der Regel das Konzept des spannungsbasierten Nachweises nach EN 1993-1-6 anzuwenden.

(3) Wenn die Balkentheorie II. Ordnung anzuwenden ist, siehe 5.2.3, ist der Beulsicherheitsnachweis in der Regel mit den Membrandruckspannungen in Meridianrichtung, welche die Effekte aus Theorie II. Ordnung beinhalten, zu führen.

### **6.3 Sicherheitsbewertung anderer Schornsteinbauteile**

(1) Die Festigkeit und Stabilität von stabförmigen Schornsteinbauteilen sind in der Regel als Teil des Tragrohres nachzuweisen, siehe 6.2.

(2) Die Festigkeit und Stabilität von Innenrohren von doppelwandigen oder mehrzügigen Schornsteinen sind in der Regel analog zum Tragrohr nachzuweisen, siehe 6.2.

(3) Gegebenenfalls kann der Schalenbeulnachweis eines Innenrohres wie ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis gehandhabt werden, siehe Abschnitt 7.

(4) Wenn das Tragsystem eines Schornsteins mit anderen Bauteilen verbunden ist, sind die Festigkeit und Stabilität dieser Teile und deren Verbindungen in der Regel nach 6.2 und 6.4 nachzuweisen.

## **6.4 Anschlüsse und Verbindungen**

### **6.4.1 Grundlagen**

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

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte für Anschlüsse und Verbindungen in Schornsteinen dürfen im Nationalen Anhang angegeben werden. Die numerischen Werte in EN 1993-1-8, Tabelle 2.1 werden empfohlen.

### **6.4.2 Geschraubte Flanschverbindungen**

(1) Die Spannung in den Schrauben und im Flansch ist in der Regel unter Berücksichtigung der Außermittigkeit der Lasten aus dem Tragrohr zu ermitteln.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf zusätzliche Informationen zur Berechnung und Konstruktion von geschraubten Flanschverbindungen geben.

(2) Flansche sind in der Regel ohne Unterbrechungen mit dem Tragrohr zu verschweißen. In der Regel dürfen unterbrochene Schweißnähte nicht ausgeführt werden.

(3) Es sollten vorgespannte hochfeste Schrauben verwendet werden.

(4) Der maximal zulässige Abstand zwischen den Schraubenlöchern (Lochmitte) beträgt in der Regel  $10 d$ . Bei Fragen der Dichtheit sollte EN 13084-6 zu Rate gezogen werden, da der Schraubenabstand eventuell weiter reduziert werden müsste (möglicherweise bis  $5 d$ ), wobei  $d$  der Schraubendurchmesser ist.

(5) Der kleinste Schraubendurchmesser ist in der Regel  $d = 12$  mm.

(6) Da die Schrauben über die gesamte Lebensdauer des Schornsteines in der Regel überprüfbar sein sollten, sind innen liegende Flansche möglichst zu vermeiden.

(7) Flansche werden in der Regel zu einem Ring gebogen, der möglichst genau zur Form des Tragrohrs passt. Spalte zwischen Flansch und Tragrohr sind in der Regel so auszubilden, dass die Schweißanforderungen eingehalten werden können.

## **DIN EN 1993-3-2:2010-12** **EN 1993-3-2:2006 (D)**

(8) Die Möglichkeit der Spannungskonzentrationen im Tragrohr in der Nähe der Schrauben, die Biegung im Flansch und im Tragrohr und zusätzliche Spannungen infolge möglicher Deformationen sind in der Regel zu berücksichtigen.

(9) Temperatur und Temperaturwechsel sind in der Regel bei der Bemessung und Konstruktion von Flanschverbindungen besonders zu beachten.

### **6.4.3 Anschluss eines Schornsteins an ein Fundament oder ein tragendes Bauwerk**

(1) Der Anschluss des Tragrohres an das Stahlbetonfundament oder die Stützkonstruktion hat in der Regel das Einspannmoment, die Normalkraft und die Querkraft am Fuß des Tragrohres sicher aufzunehmen und in das Fundament einzuleiten.

(2) Wenn der Anschluss mit Hilfe einer Fußplatte und Ankerschrauben ausgeführt wird, sind die Ankerkräfte in der Regel unter Beachtung der Außermittigkeit der Lasten aus dem Tragrohr zu berechnen.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang darf weitere Informationen zur Berechnung und Konstruktion von Verbindungen zum Fundament geben.

ANMERKUNG 2 Zum Ermüdungsnachweis siehe Abschnitt 9.

ANMERKUNG 3 Möglicherweise erfüllen beispielsweise auch nicht vorgespannte Schrauben die Anforderungen an die Ermüdung, wenn die Schwingungen mit Hilfe aerodynamischer oder dämpfender Maßnahmen reduziert werden.

(3) Wenn der Anschluss vom Tragrohr an das Fundament in anderer Weise erfolgt, zum Beispiel indem das Tragrohr verlängert und in das Fundament direkt einbetoniert wird, ist in der Regel nachzuweisen, dass das statische Modell zutreffend ist, und die dafür erforderliche konstruktive Ausbildung sollte berücksichtigt werden.

## **6.5 Schweißverbindungen**

(1) Zu Schweißverbindungen an Stahlschornsteinen siehe EN 1993-1-8, EN 1993-1-9 und EN 13084-1.

## **7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit**

### **7.1 Grundlagen**

(1) Die folgenden Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit von Stahlschornsteinen sind in der Regel zu berücksichtigen:

- Verformungen oder Auslenkungen in Windrichtung oder quer zur Windrichtung, die sich nachteilig auf den Eindruck vom Bauwerk oder dessen Nutzung auswirken;
- Vibrationen, Schwingungen oder Schiefstellungen, die umstehende Personen beunruhigen können;
- Verformungen, Auslenkungen, Vibrationen, Schwingungen oder Schiefstellungen, die Schäden an nicht tragenden Teilen hervorrufen.

(2) Wenn in den jeweiligen Abschnitten vereinfachte konstruktive Regeln für die Gebrauchstauglichkeit angegeben sind, brauchen keine detaillierten Berechnungen mit kombinierten Einwirkungen durchgeführt zu werden.

ANMERKUNG Für alle Gebrauchstauglichkeitsnachweise werden die Teilsicherheitsbeiwerte üblicherweise mit 1,0 angenommen.

## 7.2 Auslenkungen

(1) Der Wert der Auslenkung ( $\delta_{\max}$ ) an der Mündung eines selbsttragenden Schornsteins infolge der charakteristischen Belastung in Windrichtung, nach EN 1991-1-4, ist in der Regel zu begrenzen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Grenzwerte angeben. Der folgende Wert wird empfohlen.

$$\delta_{\max} = h/50 \quad (7.1)$$

Dabei ist  $h$  die Gesamthöhe des Schornsteins.

(2) Die Werte für die Schwingwegamplituden an der Mündung eines selbsttragenden Schornsteins infolge von Wirbelablösung sind in der Regel zu begrenzen.

ANMERKUNG 1 Zur Bestimmung der maximalen Werte siehe EN 1991-1-4, Anhang E.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang darf Grenzwerte für Schwingwegamplituden angeben. Wenn die Sicherheitsklassen nach Anhang A dieses Teils genutzt werden, wird empfohlen, die Grenzwerte nach Tabelle 7.1 zu verwenden.

**Tabelle 7.1 — Maximale Amplitude der Querschwingung**

Sicherheitsklasse	Vorgeschlagene Grenzwerte der Querschwingungsamplitude	
3	0,05	mal Außendurchmesser
2	0,10	mal Außendurchmesser
1	0,15	mal Außendurchmesser

## 8 Versuchsgestützte Bemessung

(1) Die in EN 1990 angegebenen Regeln für die versuchsgestützte Bemessung und Konstruktion sind in der Regel anzuwenden.

(2) Werte für das logarithmische Dämpfungsdekrement, die von EN 1991-1-4 abweichen, sind in der Regel durch einen Versuch nachzuweisen. Zur Anleitung siehe Anhang D.

## 9 Ermüdung

### 9.1 Allgemeines

(1) In der Regel sind die Ermüdungswirkungen von Spannungsschwingbreiten infolge von Kräften in Windrichtung und quer zur Windrichtung zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Da die Ermüdungsbeanspruchung infolge von wirbelerregten Querschwingungen üblicherweise maßgeblich für die Bemessung ist, braucht eine Ermüdungsuntersuchung aus Belastungen in Windrichtung üblicherweise nicht durchgeführt zu werden.

(2) Zu Ermüdungsuntersuchungen siehe EN 1993-1-9.

(3) Wenn die Methode mit geometrischen Spannungen angewandt wird, wie z. B. an Öffnungen oder an besonderen Verbindungsausführungen, dürfen Spannungskonzentrationsbeiwerte nach EN 1993-1-6 verwendet werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf nähere Informationen zu Verfahren für die Spannungsberechnung geben.

## DIN EN 1993-3-2:2010-12

### EN 1993-3-2:2006 (D)

(4) Für Schornsteine aus hitzebeständigen Stahllegierungen, die bei Temperaturen > 400 °C eingesetzt werden, ist in der Regel eine temperaturbedingte Schädigung des Werkstoffs zusätzlich zur Ermüdungsschädigung zu berücksichtigen,

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf weitere Informationen geben.

(5) Ermüdung durch Korrosion wird in diesem Teil nicht behandelt.

## 9.2 Ermüdungsbeanspruchung

### 9.2.1 Schwingungen in Windrichtung

(1) Bei der Ermittlung der Ermüdungsbeanspruchungen in Windrichtung sind in der Regel böenerregte Schwingungen zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Ein Verfahren für die Bestimmung von Ermüdungsbeanspruchungen infolge von böenerregten Schwingungen in Windrichtung ist in EN 1993-3-1, 9.2.1 zu finden.

### 9.2.2 Querschwingungen

(1) Die Ermüdungsbeanspruchung infolge wirbelerregter Querschwingungen darf mit Hilfe der maximalen Spannungsschwingbreiten ermittelt werden.

ANMERKUNG Zur Ermittlung der Spannungsschwingbreiten und der Lastspielzahl siehe 2.4 und EN 1991-1-4, E.1.5.2.6.

(2) Bei Schornsteinen, die niedriger als 3 m sind, braucht kein Ermüdungsnachweis geführt zu werden.

(3) Wenn die kritische Windgeschwindigkeit für Wirbelerregung des Schornsteins größer als 20 m/s ist, brauchen die Korrelationslängen, die sich unterhalb von 16 m Höhe über dem Boden befinden, nicht berücksichtigt zu werden, siehe EN 1991-1-4.

(4) In der Regel sind höhere Eigenschwingformen zu berücksichtigen, wenn die kritische Windgeschwindigkeit für diese Eigenschwingformen geringer als die Grenzgeschwindigkeit ist, siehe EN 1991-1-4.

## 9.3 Ermüdungsfestigkeit im Bereich hoher Lastspielzahlen

(1) Die Tabellen der Ermüdungsfestigkeit für die konstruktiven Details von geschweißten Schalenbauteilen von Schornsteinen in EN 1993-1-9 sind zu beachten.

ANMERKUNG Hilfen zur Anwendung von EN 1993-1-9 und zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit durch die Qualität der Schweißung sind in Anhang C angegeben.

(2) Wenn anstelle eines Korrosionsschutzes ein Korrosionszuschlag zur Blechdicke vorgesehen wird, sollte das Detail um eine Kerbfallklasse tiefer eingestuft werden als in den Tabellen der Kerbfallklassen angegeben, siehe EN 1993-1-9, Bild 7.1.

## 9.4 Sicherheitsnachweis

(1) Der Ermüdungsnachweis ist in der Regel nach EN 1993-1-9, 8(2) zu führen.

$$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \Delta\sigma_E \quad (9.1)$$

Dabei ist

$\lambda$  der Faktor für die Umrechnung von  $\Delta\sigma_E$  in  $N_C = 2 \times 10^6$  Lastspiele;

$\Delta\sigma_E$  die Spannungsschwingbreite, die mit der Lastspielzahl  $N$  auftritt (siehe 9.2), gegebenenfalls auch unter Berücksichtigung des Spannungskonzentrationsfaktors.



(2) Der Umrechnungsfaktor  $\lambda$  kann ermittelt werden aus

$$\lambda = \left( \frac{N}{2 \times 10^6} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (9.2)$$

Dabei ist

$m$  die Steigung der Wöhlerlinie.

### 9.5 Teilsicherheitsbeiwerte

(1) Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermüdung sind in der Regel so anzunehmen wie in EN 1993-1-9, Abschnitte 3(6) und (7) und 6.2(1) festgelegt.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Zahlenwerte für  $\gamma_{Ff}$  und  $\gamma_{Mf}$  angeben. Für  $\gamma_{Ff}$  wird der Wert  $\gamma_{Ff} = 1,00$  empfohlen. Für  $\gamma_{Mf}$  siehe EN 1993-1-9, Tabelle 3.1.

**Anhang A**  
(normativ)**Zuverlässigkeitsdifferenzierung und Teilsicherheitsbeiwerte  
für Einwirkungen****A.1 Zuverlässigkeitsdifferenzierung für Stahlschornsteine**

(1) Für Schornsteine ist eine Zuverlässigkeitsdifferenzierung nach Sicherheitsklassen vorzunehmen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf relevante Sicherheitsklassen abhängig von der Schadensfolge angeben. Es wird empfohlen, die Klassen in Tabelle 1 zu verwenden.

**Tabelle A.1 — Zuverlässigkeitsdifferenzierung für Schornsteine**

Sicherheitsklasse	
3	Schornsteine, die an wichtigen Orten stehen, wie zum Beispiel in Kernkraftwerken oder in dicht besiedelten Stadtgebieten. Größere Schornsteine in Industrieanlagen, in denen Menschen arbeiten, wo die wirtschaftlichen und sozialen Folgen eines Einsturzes sehr groß wären.
2	Alle gewöhnlichen Schornsteine in Industrieanlagen oder an anderen Standorten, die sich nicht der Klasse 1 oder Klasse 3 zuordnen lassen.
1	Schornsteine, die auf freiem Gelände stehen und deren Versagen keine weitergehenden Schäden verursachen würde. Schornsteine, die kleiner als 16 m sind und die in unbewohntem Gelände stehen.

**A.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen**

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte können von der Sicherheitsklasse des Schornsteins abhängig sein.

ANMERKUNG 1 Bei der Wahl der Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Einwirkungen  $\gamma_G$  und für veränderliche Einwirkungen  $\gamma_Q$  darf berücksichtigt werden, dass Windeinwirkungen für die Bemessung vorherrschend sind.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang darf Angaben zu  $\gamma_G$  und  $\gamma_Q$  enthalten. Bei Anwendung der Tabelle A.1 werden die Zahlenwerte in Tabelle A.2 empfohlen.

**Tabelle A.2 — Teilsicherheitsbeiwerte für ständige und für veränderliche Einwirkungen**

Art der Einwirkung	Sicherheitsklasse, siehe Anmerkung zu 2.1.2	Ständige Einwirkungen	Veränderliche Einwirkungen
Ungünstig	3	1,2	1,6
	2	1,1	1,4
	1	1,0	1,2
Günstig	alle Klassen	1,0	0,0
Störfälle		1,0	1,0

ANMERKUNG 3 Der Nationale Anhang darf auch Informationen für die Verwendung von dynamischen Antwortberechnungen für Windeinwirkungen geben, siehe auch EN 1993-3-1, Anhang B.

## Anhang B (informativ)

### Aerodynamische und dämpfende Maßnahmen

#### B.1 Allgemeines

(1) In Übereinstimmung mit üblichen Methoden der Aerodynamik und der Baudynamik können Schwingungen mit Hilfe der folgenden einzelnen oder kombinierten Maßnahmen wirksam reduziert werden:

- aerodynamische Maßnahmen wie z. B. schraubenförmige Wendeln, Spoiler oder perforierte Blechmäntel;
- Schwingungsdämpfer;
- Seilverspannung mit dämpfenden Eigenschaften;
- direkte Dämpfung (gegen einen Fixpunkt).

#### B.2 Aerodynamische Maßnahmen

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

(2) Wenn schraubenförmige Wendeln im oberen Bereich des Schornsteins angeordnet werden, darf der Grundwert des aerodynamischen Erregerkraftbeiwertes  $c_{lat}$ , der dann über die gesamte Höhe des Schornsteins anzusetzen ist, mit folgendem Abminderungsfaktor  $\alpha$  multipliziert werden.

$$\alpha = \left(1 - \frac{l_s}{h}\right)^3 \quad (B.1)$$

Dabei ist

- $l_s$  die Länge des Bereichs des Rohrs, der mit Wendeln versehen ist;
- $h$  die Gesamthöhe des Schornsteins.

(3) Gleichung (B.1) sollte in der Regel nur angewendet werden, wenn die folgenden Bedingungen für die Geometrie derartiger schraubenförmiger Wendeln erfüllt sind:

- dreigängige Wendeln;
- Ganghöhe der Wendel  $h_s = 4,5 b$  bis  $5,0 b$ ; (B.2a)
- Wendeltiefe  $t = 0,10 b$  bis  $0,12 b$ ; (B.2b)
- die Wendeln erstrecken sich über eine Länge  $l_s$  von mindestens  $0,3 h$ ; üblicherweise  $0,3 h$  bis  $0,5 h$ . Darüber hinaus ist es zulässig, am Schornsteinkopf einen Bereich mit einer Länge von maximal  $1,0 b$  nicht mit Wendeln auszurüsten, der der Länge  $l_s$  in Gleichung (B.1) zugerechnet werden darf.

Der Durchmesser des Schornsteins ist  $b$ .

## **DIN EN 1993-3-2:2010-12**

### **EN 1993-3-2:2006 (D)**

ANMERKUNG Vorstehend wird angenommen, dass das Berechnungsverfahren 1 von EN 1991-1-4, Anhang E angewandt wird. Bei der Berechnung der Querschwingungsamplitude ist der Wirklängenfaktor  $K_w$  mit 1,0 anzusetzen (siehe EN 1991-1-4, E.1.5.2.1).

(4) Bei zwei oder mehr gleichartigen Schornsteinen, die dicht beieinander stehen, können die Wendeln weniger wirksam sein als sich nach Formel (B.1) ergibt. Wenn der Mittenabstand zwischen den Schornsteinen weniger als  $5 d$  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.

(5) Das Anbringen von Wendeln oder Störstreifen erhöht den Windwiderstandsbeiwert des Schornsteinabschnitts, an dem sie angebracht sind. Für Wendeln, deren Höhe bis zu  $0,2 \times$  Schornsteindurchmesser beträgt, sollte der Winddruckbeiwert bezogen auf den äußeren Durchmesser (die Wendelhöhe einbezogen) mit 1,2 angesetzt werden.

### **B.3 Dynamische Schwingungsdämpfer**

(1) Ein dynamischer Schwingungsdämpfer kann zur Reduzierung von Schwingungen eingesetzt werden, z. B. mit einer elastisch gelagerten schwingfähigen Zusatzmasse. Der Dämpfer sollte unter Berücksichtigung der Masse, Eigenfrequenz, Dämpfung und anderer wichtiger Parameter so bemessen und konstruiert werden, dass die Bauwerksdämpfung angehoben wird.

(2) Die erforderliche Größe der effektiven Dämpfung ist im Allgemeinen aus der Berechnung der Querschwingungen und deren Ermüdungswirkungen zu ermitteln.

(3) Eine Prüfung der Funktionsfähigkeit, der Frequenzabstimmung und der Dämpfung des Systems sollte vorgenommen werden. Es sollte ein Bescheinigung angefertigt werden, aus der hervorgeht, dass die erzielte Dämpfung mit den vorgelegten Berechnungen übereinstimmt.

(4) Wenn Schwingungsdämpfer eingebaut werden, sollte vom Hersteller angegeben werden, in welchen Intervallen die Inspektion und/oder die Wartung des Dämpfers zu erfolgen haben.

### **B.4 Seile mit dämpfenden Vorrichtungen**

(1) Seile mit dämpfenden Einrichtungen können eingesetzt werden, um zusätzliche Dämpfung zu erzielen.

(2) Die Wirksamkeit derartiger Dissipationsmaßnahmen sollte durch geeignete Versuche am fertig gestellten Schornstein nachgewiesen werden.

(3) Wenn die Seilenden unverschieblich verankert sind, sollte ein statischer Nachweis für das Bauwerk einschließlich der Seile unter Berücksichtigung der maximalen Windlast erbracht werden.

### **B.5 Direkte Dämpfung**

(1) Wenn ein Festpunkt in der Nähe des Schornsteins in ausreichender Höhe zur Verfügung steht, kann eine direkte Dämpfung vorgenommen werden, indem ein Dämpfungselement zwischen dem Schornstein und dem Festpunkt eingebaut wird.

ANMERKUNG Für gekoppelte gleichartige Schornsteine mit identischer Eigenfrequenz kann keine Dämpfungserhöhung aufgrund der Kopplung angesetzt werden.

## Anhang C (informativ)

### Ermüdungsfestigkeit und Qualitätsanforderungen

#### C.1 Allgemeines

(1) Bei der Wahl der passenden Detailkategorie aus EN 1993-1-9, Tabellen 8.1 bis 8.5 können Schalendetails, wie in Tabelle C.1 dargestellt, als flach angenommen werden.

(2) Das unterste Qualitätsniveau ermüdungsbelasteter Schweißnähte am Tragrohr ist die Qualitätsstufe C nach EN ISO 5817.

#### C.2 Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit bei speziellen Qualitätsanforderungen

(1) Werden erhöhte Qualitätsanforderungen gestellt und führen diese Qualitätsanforderungen zu einer Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit, so kann ein um eine Stufe höherer Kerbfall benutzt werden als in EN 1993-1-9 angegeben, wenn dies durch geeignete Prüfungen bestätigt wird.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Hinweise zu den in Frage kommenden Kerbfällen und den zugehörigen Qualitätsanforderungen enthalten. Für nachstehende Kerbfälle kann eine Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit angenommen werden, wenn die Qualitätsstufe B angewendet wird:

- Querstoß in Rohrschüssen mit Stumpfnah, von beiden Seiten geschweißt;
- Längsstoß in Rohrschüssen, durchlaufend mit Schweißautomaten geschweißt;
- Längssteg, an Rohrschuss durchlaufend angeschweißt, mit oder ohne kontinuierlichem Schubfluss;
- Kreuzstöße mit teilweise durchgeschweißten Nähten.

Tabelle C.1 — Ermüdungsfestigkeit von typischen Details

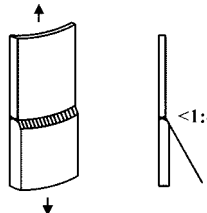
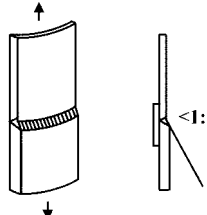
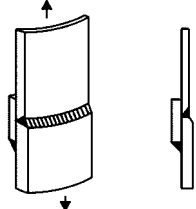
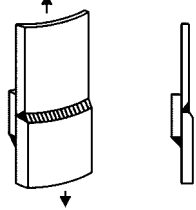
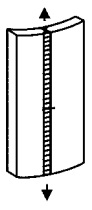
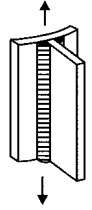
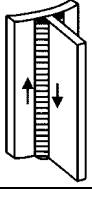
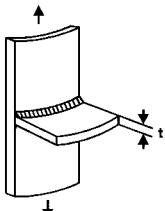
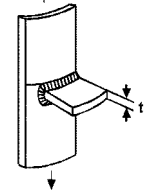
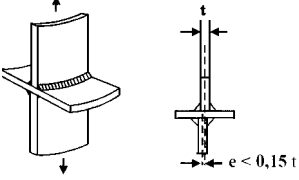
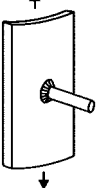
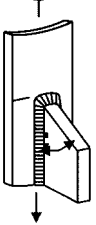
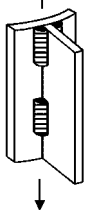
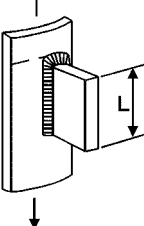
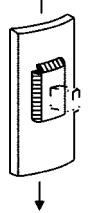
Verweis	Konstruktive Details	Beschreibung
EN 1993-1-9 Tabelle 8.3 Details 4 und 7		Querstoß in Rohrschüssen Stumpfnah, von beiden Seiten geschweißt
EN 1993-1-9 Tabelle 8.3 Detail 14		Querstoß in Rohrschüssen Stumpfnah, einseitig geschweißt

Tabelle C.1 (fortgesetzt)

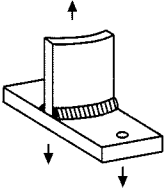
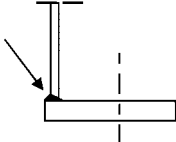
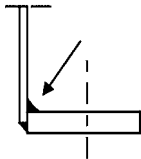
Verweis	Konstruktive Details	Beschreibung
EN 1993-1-9 Tabelle 8.3 Detail 16 (< 1:4)		Querstoß in Rohrschüssen  Stumpfnah, geschweißt auf verbleibender Wurzelunterlage
Detail Kategorie 50		Querstoß in Rohrschüssen Stumpfnah, einseitig geschweißt
EN 1993-1-9 Tabelle 8.2 Detail 10		Längsstoß in Rohrschüssen, durchlaufend mit Schweißautomaten geschweißt
EN 1993-1-9 Tabelle 8.2 Details 1, 2, 3, 5 und 7		Längssteg, an Rohrschuss durchlaufend angeschweißt
EN 1993-1-9 Tabelle 8.5 Detail 8		Längssteg, an Rohrschuss durchlaufend angeschweißt, unter Schubbeanspruchung (Quersteg analog)
EN 1993-1-9 Tabelle 8.4 Details 6 und 7		Quersteg, an Rohrschuss durchlaufend angeschweißt
EN 1993-1-9 Tabelle 8.4 Details 6 und 7		kurzer Quersteg, an Rohrschuss umlaufend angeschweißt  (auch für durchlaufenden Quersteg mit unterbrochener Naht)

**Tabelle C.1 (fortgesetzt)**

Verweis	Konstruktive Details	Beschreibung
<p>EN 1993-1-9 Tabelle 8.5 Details 1, 2 und 3</p>		<p>Kreuzstöße mit teilweise durchgeschweißten Nähten</p>
<p>EN 1993-1-9 Tabelle 8.4 Detail 9</p>		<p>Angeschweißter Rundstahl oder Kopfbolzendübel</p>
<p>EN 1993-1-9 Tabelle 8.4 Detail 2</p>		<p>Längssteg, an Rohrschuss angeschweißt</p>
<p>EN 1993-1-9 Tabelle 8.4 Detail 1</p>		<p>Kurzer Längssteg, an Rohrschuss angeschweißt</p>
<p>EN 1993-1-9 Tabelle 8.2 Detail 8</p>		<p>Durchlaufender Längssteg mit unterbrochener Naht</p>
<p>EN 1993-1-9 Tabelle 8.5 Details 6 und 7</p>		<p>Pflasterblech (mit oder ohne weitere Anschlussstücke), an Rohrschuss angeschweißt</p>

**DIN EN 1993-3-2:2010-12**  
**EN 1993-3-2:2006 (D)**

**Tabelle C.1 (fortgesetzt)**

Verweis	Konstruktive Details	Beschreibung
EN 1993-1-9 Tabelle 8.5 Details 1, 2 und 3		Fußring mit Kehl- und Stumpfnah
EN 1993-1-9 Tabelle 8.5 Detail 11		Flanschverbindung mit Stumpfnah In der konstruktiven Ausführung der Schrauben siehe EN 1993-1-8
EN 1993-1-9 Tabelle 8.5 Detail 12		Flanschverbindung mit Kehlnähten In der konstruktiven Ausführung der Schrauben siehe EN 1993-1-8



## **Anhang D**

### **(informativ)**

## **Versuchsgestützte Bemessung**

### **D.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 mit Hilfe von Versuchen zu ermitteln.

### **D.2 Definition des logarithmischen Dämpfungsdekrements**

(1) Für die Definition des logarithmischen Dämpfungsdekrements siehe EN 1991-1-4, Anhang D.

### **D.3 Vorgehensweise bei der Messung des logarithmischen Dämpfungsdekrements**

(1) Die Messgrößen können die Schwingbeschleunigung, die Verformung, Kräfte oder Dehnungen des Schornsteins sein.

(2) Es dürfen unterschiedliche Methoden für die Messung angewendet werden, wie Ausschwingversuch, Autokorrelationsmethode oder Methode der Halbwertsbreite.

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

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

(5) Die Amplitude während des Versuchs sollte die gleiche Größenordnung aufweisen wie die berechnete Wirbelresonanzamplitude des Schornsteins, oder es sollte sichergestellt sein, dass die für die berechnete Amplitude angenommene Dämpfung auf der sicheren Seite liegt.

(6) 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 D.

## **Anhang E**

### **(informativ)**

## **Ausführung**

### **E.1 Allgemeines**

(1) Schornsteine sind in der Regel gemäß der Ausführungsnorm EN 1090-2 herzustellen und zu montieren. Die in EN 13084-7 angegebenen besonderen Anforderungen für Schornsteine sind in der Regel zu beachten.

(2) Die Ausführungstoleranzen in E.2 sind in der Regel bei der Bemessung und Konstruktion zu beachten.

ANMERKUNG Die Regeln für Festigkeit und Stabilität in EN 1993-3-2 basieren auf der Annahme, dass die besonderen Herstellungstoleranzen nach E.2 eingehalten werden.

(3) In der Regel ist zwischen den Flanschen beim Zusammenbau vor dem Verschrauben nur ein Spalt von höchstens 1,5 mm zulässig.

(4) Flansche sind in der Regel eben auszuführen mit einer Toleranz von 0,5 mm je 100 mm Breite und einer Gesamttoleranz von 1,0 mm auf den Umfang bezogen.

(5) Bei Schornsteinen, die mit einer Fußplatte und Ankerschrauben hergestellt werden, ist in der Regel zwischen der Fußplatte und dem Fundament schwindfreier Beton zu verwenden.

### **E.2 Ausführungstoleranzen**

(1) Die zulässige Abweichung des Tragrohres aus der Lotrechten auf jedem Höhenniveau  $h$  (in m) über dem Fuß eines selbsttragenden Schornsteins ist in der Regel:

$$\Delta = \frac{h}{1000} \sqrt{1 + \frac{50}{h}} \quad (\text{E.1})$$

(2) Diese Abweichung gilt in der Regel auch für die Mittelachse von Innenrohren.

### **E.3 Qualität der Schweißverbindungen und Ermüdung**

(1) Die Qualität von Schweißverbindungen, die nach angegebenem Kerbfall des konstruktiven Details, siehe 9.3, gefordert wird, ist in der Regel auf den Werkstattzeichnungen anzugeben.