

DIN V 4133

**DIN**

ICS 91.060.40

**Vornorm**

Mit der 2007-05  
zurückgezogenen Norm  
DIN EN 13084-1:2001-04  
Ersatz für  
DIN 4133:1991-11

**Freistehende Stahlschornsteine**

Free-standing steel stacks

Autonomes cheminées en acier

Gesamtumfang 36 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>7</b>
<b>4 Bautechnische Unterlagen</b> .....	<b>8</b>
4.1 Allgemeines.....	8
4.2 Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse .....	9
4.3 Baubeschreibung.....	9
4.4 Standsicherheitsnachweis.....	9
4.5 Zeichnungen.....	9
<b>5 Baustoffe</b> .....	<b>10</b>
5.1 Allgemeines.....	10
5.2 Stähle .....	10
5.3 Stählerne Abspannseile .....	12
5.4 Verbindungsmittel .....	12
5.5 Dämmstoffe .....	12
5.6 Auskleidungen .....	12
<b>6 Einwirkungen</b> .....	<b>13</b>
6.1 Allgemeines.....	13
6.2 Eigenlast .....	13
6.3 Vorspannkraft.....	13
6.4 Einwirkungen aus Wind .....	13
6.5 Verkehrslast und Schneelast.....	14
6.6 Eislast.....	14
6.7 Wärmeeinwirkung.....	14
6.8 Planmäßiger Über- und Unterdruck.....	14
6.9 Lasten aus Bauzuständen.....	14
6.10 Änderungen der Stützbedingungen.....	14
6.11 Erdbeben .....	14
6.12 Anprall.....	14
<b>7 Ermittlung der Schnittgrößen</b> .....	<b>15</b>
7.1 Allgemeines.....	15
7.2 Freistehende Schornsteine.....	16
7.3 Abgespannte Schornsteine .....	16
7.3.1 Zu untersuchende Windrichtungen .....	16
7.3.2 Näherung bei verschiedenen geneigten und verschieden langen Abspannseilen eines Abspannsterns.....	17
7.3.3 Näherung bei abgespannten Schornsteinen bis 40 m Höhe.....	17
<b>8 Bemessung</b> .....	<b>17</b>
8.1 Trag- und Innenrohr.....	17
8.1.1 Tragsicherheitsnachweis.....	17
8.1.2 Beulsicherheitsnachweis.....	17
8.1.3 Betriebsfestigkeitsnachweis .....	17
8.2 Gründung.....	18
8.2.1 Allgemeines.....	18
8.2.2 Fundament.....	18
8.2.3 Standsicherheit.....	18
<b>9 Konstruktion</b> .....	<b>18</b>
9.1 Allgemeines.....	18
9.2 Mindestwanddicke.....	18

	Seite
9.3	Tragrohr.....19
9.3.1	Verbindungen .....19
9.3.2	Öffnungen.....19
9.4	Innenrohr .....19
9.5	Auskleidungen .....19
9.6	Abspannseile .....19
9.6.1	Allgemeines.....19
9.6.2	Drahtseilklemmen.....19
9.6.3	Seilverbindungen .....20
9.7	Wärmedämmung .....20
9.8	Gründung und Verankerung.....20
9.9	Ausrüstung.....20
9.9.1	Begehungseinrichtungen .....20
9.9.2	Flugsicherung.....21
9.9.3	Blitzschutz- und Erdungsanlagen.....21
10	Korrosionsschutz .....21
10.1	Allgemeines.....21
10.2	Chemische Einwirkungen.....22
10.2.1	Allgemeines.....22
10.2.2	Einwirkungen aufgrund von Schwefeloxiden.....22
10.2.3	Einwirkungen aufgrund von Chloriden und Fluoriden .....22
10.3	Maßnahmen gegen Korrosion.....23
10.3.1	Beschichtungen und Überzüge.....23
10.3.2	Auskleidungen.....23
10.3.3	Korrosionszuschlag zur Blechdicke .....23
10.3.4	Wahl geeigneter nichtrostender Stähle.....23
11	Ausführung .....24
11.1	Allgemeines.....24
11.2	Geschweißte Schornsteine aus Stahl .....24
11.3	Einbringen der Vorspannkräfte von Abspannseilen .....25
11.4	Korrosionsschutz .....25
12	Zustandsüberwachung .....25
<b>Anhang A (normativ) Windlastannahmen Ergänzung zu DIN 1055-4:2005-03 .....26</b>	
A.1	Allgemeines.....26
A.2	Böenerregte Schwingungen.....26
A.3	Abminderung des Geschwindigkeitsdruckes bei vorübergehenden Zuständen .....26
A.4	Geländekategorien und Profile der Windgeschwindigkeit.....26
A.5	Äquivalente Rauigkeiten von Zylinderoberflächen.....26
A.6	Schraubenwendeln.....27
A.7	Umfangsdruckverteilung bei kreisförmigen Querschnitten .....27
A.8	Windlast mit Eisansatz.....27
A.9	Wirbelerregte Schwingungen in Querrichtung.....27
A.10	Anzahl N der Spannungsschwingspiele .....28
A.11	Logarithmische Dämpfungsdekremente für Schornsteine aus Stahl.....28
A.12	Maßnahmen gegen wirbelerregte Schwingungen in Querrichtung .....28
A.12.1	Allgemeines.....28
A.12.2	Aerodynamische Maßnahmen.....29
A.12.3	Dynamische Schwingungsdämpfer.....30
A.12.4	Störabspannungen.....30
<b>Anhang B (normativ) Betriebsfestigkeitsnachweis .....31</b>	
B.1	Anwendungsbereich .....31
B.2	Spannungsberechnung .....31
B.3	Nachweis .....31

## **Vorwort**

Dieses Dokument wurde im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. im Normenausschuss Bauwesen (NABau) vom Arbeitsausschuss NA 005-11-37 AA „Industrieschornsteine“ erarbeitet.

## **Änderungen**

Gegenüber DIN 4133:1991-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) es erfolgte eine Anpassung an die neuen europäischen Werkstoffbezeichnungen;
- c) der gesamte Abschnitt 9.9 (früher 8.9) wurde technisch überarbeitet;
- d) Anhang A wurde an DIN 1055-4:2005-03 angepasst und vollständig überarbeitet;
- e) der Anwendungsbereich von Anhang B wurde eingeschränkt;
- f) die Ermittlung der Wandtemperaturen erfolgt jetzt nach DIN EN 13084-1;
- g) es erfolgte eine Aktualisierung entsprechend der geltenden Gestaltungsregeln;
- h) die Norm wurde in eine Vornorm überführt.

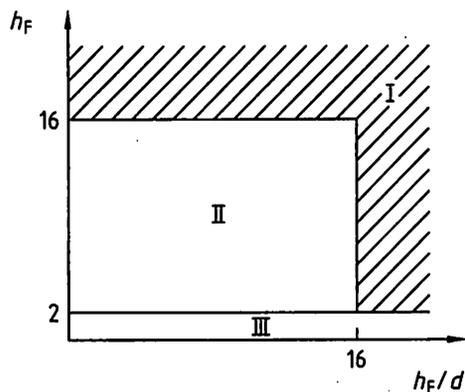
## **Frühere Ausgaben**

DIN 4133: 1973-08, 1991-11

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Nachweis der Standsicherheit und die Ausführung von freistehenden Schornsteinen aus Stahl für die nachfolgend angegebenen Abmessungsbereiche (siehe Bild 1). Als freistehende Schornsteine gelten auch abgespannte oder abgestützte Schornsteine. Schornsteine des Abmessungsbereiches

- I müssen alle Anforderungen dieser Norm erfüllen;
- II müssen ebenfalls die Anforderungen dieser Norm erfüllen, brauchen jedoch nicht auf Querschwingungen untersucht zu werden (siehe 8.1.3);
- III werden durch diese Norm nicht erfasst.



### Legende

- $h_F$  Höhe des Tragrohres über der untersten Auflagerung in m
- $d$  mittlerer Außendurchmesser des Tragrohres

**Bild 1 — Abmessungsbereiche von Schornsteinen**

Diese Norm gilt nicht für Schornsteine in Gebäuden, mit Ausnahme von Schornsteinen mit definierter Feuerstätte (siehe 4.2) in Industriegebäuden, wenn sie nur durch einen Brandabschnitt gehen. Diese Norm gilt auch nicht für neben Gebäuden stehende abgestützte Schornsteine, sofern der Abstand der Abstützungen  $a \leq 4$  m und die Kraglänge  $l_k \leq 2$  m ist.

Für neben Gebäuden stehende Schornsteine gelten weitere Anforderungen nach DIN V 18160-1, z. B. hinsichtlich einzuhaltender Abstände und des Berührungsschutzes.

## 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).

DIN 1045 (alle Teile), *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton*

DIN 1054:2003-01, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau*

DIN 1055-1, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen*

- DIN 1055-2, *Lastannahmen für Bauten — Bodenkenngößen, Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel*
- DIN 1055-3, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten*
- DIN 1055-4:2005-03, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4: Windlasten*
- DIN 1055-5, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 5: Schnee- und Eislasten*
- DIN 1056:1984-10, *Freistehende Schornsteine in Massivbauart; Berechnung und Ausführung*
- DIN 4030-1, *Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Grundlagen und Grenzwerte*
- DIN 4149, *Bauten in deutschen Erdbebengebieten — Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten*
- DIN V 18160-1, *Abgasanlagen — Teil 1: Planung und Ausführung*
- DIN 18799 (alle Teile), *Steigleitern an baulichen Anlagen*
- DIN 18800-1, *Stahlbauten — Bemessung und Konstruktion*
- DIN 18800-2, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Knicken von Stäben und Stabwerken*
- DIN 18800-4, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Schalenbeulen*
- DIN 18800-7, *Stahlbauten — Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation*
- DIN 51603-1, *Flüssige Brennstoffe — Heizöle — Teil 1: Heizöl EL; Mindestanforderungen*
- DIN 51603-3, *Flüssige Brennstoffe — Heizöle — Teil 3: Heizöl S; Mindestanforderungen*
- DIN EN 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*
- DIN EN 1536, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Bohrpfähle*
- DIN EN 10025 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*
- DIN EN 10028-2, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*
- DIN EN 10028-7, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 7: Nichtrostende Stähle*
- DIN EN 10088-2, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*
- DIN EN 10088-3, *Nichtrostende Stähle — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*
- DIN EN 10095, *Hitzebeständige Stähle und Nickellegierungen*
- DIN EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*
- DIN EN 10210-1, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 10216-1, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

DIN EN 10216-2, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

DIN EN 10217-1, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

DIN EN 10217-2, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

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

DIN EN 10250-4, *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung — Teil 4: Nichtrostende Stähle*

DIN EN 10296-2, *Geschweißte kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Nichtrostende Stähle*

DIN EN 10297-2, *Nahtlose kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus nichtrostenden Stählen*

DIN EN 13084-1:2001-04, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 13084-1:2000*

DIN EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Bemessung und Ausführung*

DIN EN 13084-7:2006-06, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl; Deutsche Fassung EN 13084-7:2005*

DIN EN 13411-5, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 5: Drahtseilklemmen mit U-förmigem Klemmbügel*

DIN EN 62305 (VDE 0185-305) (alle Teile), *Blitzschutz*

DIN EN ISO 12944 (alle Teile), *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*

SEW 400, *Nichtrostende Walz- und Schmiedestähle*<sup>1)</sup>

BGR 159, *BG-Regel — Hochziehbare Personenaufnahmemittel*

### **3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

#### **3.1**

##### **Schornstein**

Bauwerk oder Teil von Bauwerken, das Abgase von Feuerstätten, andere Abgase, Zu- oder Fortluft führt

---

1) Zu beziehen bei: Verlag Stahleisen mbH, Postfach 105164, 40042 Düsseldorf.

### 3.2

#### **Tragrohr**

Bauteil, das die wesentlichen statischen Funktionen übernimmt

### 3.3

#### **abgasführendes Rohr**

Bauteil, das die Abgase von Feuerstätten über die Schornsteinmündung ins Freie fördert

### 3.4

#### **Innenrohr**

abgasführendes Rohr, das sich innerhalb eines Tragrohres befindet und das die übrigen Schornsteinteile von thermischer und chemischer Beanspruchung schützt

### 3.5

#### **einwandiger Schornstein**

Schornstein, bei welchem das Tragrohr das abgasführende Rohr ist; es kann wärmegeklämt und/oder ausgekleidet sein

### 3.6

#### **doppelwandiger Schornstein**

Schornstein, bei welchem in einem Tragrohr ein oder mehrere Innenrohre angeordnet sind

### 3.7

#### **freistehender Schornstein**

Schornstein, bei welchem das Tragrohr nicht Bestandteil einer anderen Konstruktion ist

**ANMERKUNG** Als freistehende Schornsteine gelten auch abgespannte oder abgestützte Schornsteine.

### 3.8

#### **abgespannter Schornstein**

Schornstein, bei welchem das Tragrohr in mindestens einer Höhenlage durch Zugglieder gehalten wird

### 3.9

#### **abgestützter Schornstein**

Schornstein, bei welchem das Tragrohr an mindestens einer Stelle an einem Gebäude oder an einer anderen Tragkonstruktion abgestützt ist

### 3.10

#### **Auskleidung**

Schutz des abgasführenden Rohres vor thermischer, chemischer und mechanischer Beanspruchung

**ANMERKUNG** Beschichtungen und Überzüge fallen nicht unter den Begriff Auskleidung.

### 3.11

#### **Säuretaupunkt**

Temperatur, bei der durch Kondensation Säure entsteht

## 4 Bautechnische Unterlagen

### 4.1 Allgemeines

Es gelten die Festlegungen in den allgemeinen Normen über Stahlbauten, insbesondere DIN 18800-1 und DIN 18800-7.

## 4.2 Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse

Zur Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse müssen in der Baubeschreibung, in der statischen Berechnung bzw. auf den Übersichtszeichnungen enthalten sein:

Angaben des Betreibers:

- a) Angaben zur Entwurfslebensdauer;
- b) die planmäßigen Betriebsweisen der angeschlossenen Einrichtungen, z. B. intermittierender Betrieb, Dauerbetrieb;
- c) berücksichtigte Betriebsstörungen;
- d) die Abgasmassen- oder Abgasvolumenströme;
- e) die maximalen und minimalen Temperaturen der Abgase beim Eintritt in den Schornstein;
- f) die Zusammensetzung der Abgase, gegebenenfalls Brennstoff;
- g) maßgebende Säuretaupunkte;

Ergebnisse der strömungstechnischen Berechnung:

- h) maximale und minimale Temperaturen der von den Abgasen berührten Flächen (Wandtemperaturen) während des planmäßigen Betriebes;
- i) maximale und minimale Strömungsgeschwindigkeit des Abgases;
- j) Druckverhältnisse im Schornstein.

## 4.3 Baubeschreibung

Angaben, die für die Bauausführung sowie für die Prüfung des Standsicherheitsnachweises und der Zeichnungen notwendig sind, die aber aus den Unterlagen nach 4.4 und 4.5 nicht ohne weiteres entnommen werden können, müssen in einer Baubeschreibung enthalten sein. Dazu gehören insbesondere:

- a) die Angaben nach 4.2 a) bis f);
- b) eine Beschreibung des Montagevorgangs.

## 4.4 Standsicherheitsnachweis

Im Standsicherheitsnachweis sind alle Lastannahmen und vorgesehenen Baustoffe anzugeben; er muss außerdem die Angaben von 4.2 g) bis j) enthalten. Falls erforderlich, ist ein Baugrundgutachten beizufügen. Die Nachweise sind für alle standsicherheitsrelevanten Bauteile in prüfbarer Form zu führen.

## 4.5 Zeichnungen

Hierzu gehören ergänzend zu den Anforderungen in DIN 18800-1 und DIN 18800-7:

- a) Übersichtszeichnungen mit Angaben über
  - die chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse nach 4.2 d) und e), sowie g) bis i),
  - die Baustoffe und Bauarten sowie die Querschnittsformen aller wesentlichen Bauteile,

- die Anordnung der Steigleitern und Bühnen,
  - die zulässige Belastung des Baugrundes sowie Angaben über die Ausnutzung des Erdwiderstandes und der Erdauflast bei der Gründung,
  - bei abgespannten Schornsteinen die Vorspannkkräfte in Abhängigkeit von der Aufstelltemperatur,
  - Maßnahmen gegen Korrosion,
  - Erdauflast und Erdwiderstand, sofern in der Berechnung berücksichtigt;
- b) Ausführungszeichnungen mit allen erforderlichen Angaben über die Baustoffe.

## 5 Baustoffe

### 5.1 Allgemeines

Baustoffe müssen den einschlägigen Normen entsprechen. Wo keine derartige Norm vorhanden ist, dürfen andere Baustoffe verwendet werden, wenn deren Eigenschaften einwandfrei definiert sind und deren Eignung nachgewiesen ist.

Bei der Materialauswahl sind die chemischen, thermischen und mechanischen Beanspruchungen zu berücksichtigen.

### 5.2 Stähle

Es dürfen Stähle nach Tabelle 1 verwendet werden. Werden geschweißte oder kalt verformte standsicherheitsrelevante Konstruktionsteile feuerverzinkt, so ist beruhigter oder besonders beruhigter Stahl mit einem Siliciumanteil  $\text{Si} \leq 0,03 \%$  oder  $\text{Si}$  zwischen  $0,15 \%$  und  $0,25 \%$  zu verwenden.

Die Werkstoffkennwerte der Stähle sind durch Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204 zu belegen. Die Kerbschlagarbeit ist auszuweisen.

Allgemeine Baustähle dürfen bis zu Temperaturen von  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ , warmfeste Stähle bis  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ , nichtrostende Stähle bis  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  (siehe aber 10.3.4) verwendet werden. Die Veränderung der mechanischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Temperatur ist zu berücksichtigen. In den Tabellen 1, 2 und 3 sind charakteristische Werte für die mechanischen Eigenschaften einiger Stähle angegeben, die bei der Ermittlung von Schnittgrößen, Formänderungen und Grenzschnittgrößen zu verwenden sind. Zur Berechnung des Schubmoduls  $G$  darf temperaturunabhängig die Querdehnungszahl  $\nu = 0,3$  angenommen werden.

Tabelle 1 — Als charakteristische Werte für Stähle mit Erzeugnisdicken  $t \leq 40$  mm festgelegte Werte der Streckgrenze  $f_{y,k}$ 

Werkstoff	technische Regeln	Stahlsorte	Werkstoffnummer	Streckgrenze $f_{y,k}$ in N/mm <sup>2</sup> a bei Temperaturen in °C von												
				20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	
Unlegierte Baustähle	DIN EN 10025-2, DIN EN 10210-1,	S235 P235 <sup>b</sup>		235	235	190	175	160	140	120						
	DIN EN 10216-1, DIN EN 10217-1, DIN EN 10219-1			S275	S355	275	275	215	200	185	165	145				
	DIN EN 10028-2, DIN EN 10216-2, DIN EN 10217-2	P265GH 16Mo3	1.0425 1.5415	265	265	245	225	205	185	155	140	130	125			
	DIN EN 10028-7, DIN EN 10088-2, DIN EN 10088-3, DIN EN 10095, DIN EN 10250-4, DIN EN 10296-2, DIN EN 10297-2	X5CrNi18-10 X6CrNiTi18-10 X6CrNiMoTi17-12-2 X2CrNiMo18-14-3 X1NiCrMoCu25-20-5 X8CrNiTi18-10	1.4301 1.4541 1.4571 1.4435 1.4539 1.4878	195	177	157	142	127	118	110	104	98	95	92	90	
Warmfeste Stähle				270	270	250	238	225	205	180	170	160	155			
	SEW 400	X6CrNiMoTi18-13-2	1.4561	190	182	166	152	137	127	118	113	108	103	100	98	
Nichtros- tende Stähle				205	190	175	165	155	145	135	130	125	120	110	105	
				205	190	176	167	157	147	136	130	125	121	119	118	

a Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

b Gilt für Rohre unter der Voraussetzung, dass eine Kerbschlagarbeit von 27J in Längsrichtung bei Raumtemperatur, bezogen auf eine ISO-V-Normalprobe, nachgewiesen wird.

Tabelle 2 — Als charakteristische Werte für den  $E$ -Modul (Elastizitätsmodul) festgelegte Werte

Werkstoff	$E$ -Modul in $\text{N/mm}^2$ <sup>a</sup> bei Temperaturen von							
	20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C
Allgemeine Baustähle	210 000	205 000	200 000	192 000	—	—	—	—
Warmfeste Stähle	210 000	205 000	200 000	192 000	184 000	180 000	—	—
Nichtrostende Stähle	a)	170 000	164 000	156 000	149 000	142 000	138 500	135 000
	b) <sup>b</sup>	200 000	194 000	186 000	179 000	172 000	168 500	165 000

<sup>a</sup> Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.  
<sup>b</sup> Zur Ermittlung von Zwängungsschnittgrößen.

Tabelle 3 — Als charakteristische Werte für die Wärmedehnzahl  $\alpha_T$  festgelegte Werte

Werkstoff	Mittlere Wärmedehnzahl $\alpha_T$ in $\text{K}^{-1}$ für Temperaturen von 20 °C bis				
	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
Allgemeine Baustähle	$12,0 \times 10^{-6}$	$12,1 \times 10^{-6}$	$12,9 \times 10^{-6}$	—	—
Warmfeste Stähle	$11,1 \times 10^{-6}$	$12,1 \times 10^{-6}$	$12,9 \times 10^{-6}$	$13,5 \times 10^{-6}$	$13,9 \times 10^{-6}$
Nichtrostende Stähle	$16,5 \times 10^{-6}$	$17,0 \times 10^{-6}$	$17,5 \times 10^{-6}$	$18,0 \times 10^{-6}$	$18,5 \times 10^{-6}$

### 5.3 Stählerne Abspannseile

Es dürfen die in DIN 18800-1 genannten Werkstoffe verwendet werden.

### 5.4 Verbindungsmittel

Es dürfen die in DIN 18800-1 genannten Werkstoffe verwendet werden.

### 5.5 Dämmstoffe

Dämmstoffe müssen strukturfest und nichtbrennbar sein. Sie müssen unter dem Einfluss von Wärme, Kälte, Alterung und auch nach vorübergehender Durchfeuchtung genügend formbeständig und funktionsfähig bleiben. Die Dämmstoffe dürfen keine schädigenden Einflüsse auf andere Baustoffe ausüben.

### 5.6 Auskleidungen

Die Eignung der Baustoffe für Auskleidungen muss nachgewiesen werden. Werden gemauerte Auskleidungen nach DIN 1056 verwendet, ist kein weiterer Nachweis für die Eignung der Baustoffe erforderlich.

## 6 Einwirkungen

### 6.1 Allgemeines

Für die Berechnung von Schornsteinen aus Stahl sind ständige, veränderliche und außergewöhnliche Einwirkungen zu berücksichtigen.

Ständige Einwirkungen sind:

- Eigenlast und
- Vorspannkraft.

Veränderliche Einwirkungen sind:

- Windlast,
- Verkehrslast und Schneelast,
- Eislast,
- Wärmeeinwirkung,
- planmäßiger Unter- und Überdruck,
- Lasten aus Bauzuständen,
- Einwirkungen aus wahrscheinlichen Änderungen der Stützbedingungen.

Außergewöhnlichen Einwirkungen sind:

- Ersatzlasten für Erdbeben,
- nichtplanmäßige Lasten und Einwirkungen z. B. aus Anprall, aus möglichen Änderungen der Stützbedingungen (z. B. in Bergsenkungsgebieten) oder aus Betriebsstörungen,
- sonstige Lasten, die sich aus der örtlichen Lage und den betrieblichen Verhältnissen ergeben können.

### 6.2 Eigenlast

Eigenlasten sind nach DIN 1055-1 oder DIN 1055-2 anhand der Übersichtszeichnung zu ermitteln. Werden Baustoffe verwendet, die nicht in DIN 1055-1 enthalten sind, sind deren tatsächliche Wichten zu nehmen.

### 6.3 Vorspannkraft

Als Vorspannkraft gilt diejenige Seilkraft, die bei einer Aufstelltemperatur von +10 °C im wind- und eisfreien Zustand kontrolliert eingebracht wird. Sofern zum Zeitpunkt des Vorspannens eine von +10 °C abweichende Temperatur herrscht, ist dies beim Einstellen der Vorspannkraft zu berücksichtigen.

### 6.4 Einwirkungen aus Wind

Die Einwirkungen aus Wind sind nach DIN 1055-4 unter Beachtung von Anhang A zu berechnen.

## 6.5 Verkehrslast und Schneelast

Auf Podesten und Laufstegen ist eine gleichmäßig verteilte Verkehrslast von  $2 \text{ kN/m}^2$ , die Schnee einschließt, anzunehmen. Mit einer Einzellast von  $3 \text{ kN}$  an ungünstigster Stelle ist zu rechnen, wenn dies ungünstiger ist als die vorgenannte Flächenlast. Für das Bemessen der Geländer ist eine horizontale, nach außen oder innen wirkende, am Geländerholm angreifende Last von  $0,5 \text{ kN/m}$  anzunehmen.

## 6.6 Eislast

Die Eislast ist nach DIN 1055-5 anzusetzen.

## 6.7 Wärmeeinwirkung

Die Wandtemperaturen des wärmegeämmten abgasführenden Rohres und des Tragrohres sind zu ermitteln, z. B. nach DIN EN 13084-1:2001-04, Anhang A.

Bei keramischen Auskleidungen ist DIN 1056 zu beachten.

Ungleichmäßige Wärmeeinwirkungen aus betrieblichen und meteorologischen Bedingungen sind zu berücksichtigen, z. B. nach DIN EN 13084-6. Verformungen der Schornsteinachse aus Sonneneinstrahlung brauchen jedoch nicht nachgewiesen zu werden.

Bei abgespannten und abgestützten Schornsteinen aus Stahl ist zu beachten, dass das Tragrohr die Betriebstemperatur, die Abspannseile bzw. die Abstützung hingegen die Lufttemperatur annehmen. Dabei ist von einer Außentemperatur von  $-10 \text{ °C}$  auszugehen.

## 6.8 Planmäßiger Über- und Unterdruck

Der Unter- und Überdruck unter planmäßigen Betriebsbedingungen (stationär, An- und Abfahren) sind zu ermitteln.

## 6.9 Lasten aus Bauzuständen

Lasten aus Bauzuständen (z. B. aus Montageabspannungen, Hebezeugen, Rüstungen) sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

## 6.10 Änderungen der Stützbedingungen

Wahrscheinliche Änderungen der Stützbedingungen, z. B. Schiefstellungen aus Baugrundsetzungen, sind zu berücksichtigen.

## 6.11 Erdbeben

Für die Lastannahmen zur Berücksichtigung der Erdbebenwirkung gilt DIN 4149; die Zuordnung der Schornsteine zu einer Bedeutungskategorie nach DIN 4149 ist mit der zuständigen Bauaufsicht abzustimmen.

## 6.12 Anprall

Anpralllasten sind DIN 1055-3 zu entnehmen.

## 7 Ermittlung der Schnittgrößen

### 7.1 Allgemeines

Die Schnittgrößen sind mit den nach Abschnitt 6 anzusetzenden Einwirkungen für die beiden folgenden Kombinationen zu ermitteln:

- a) Grundkombination (ständige und veränderliche Einwirkungen);
- b) außergewöhnliche Kombination (ständige, veränderliche und eine außergewöhnliche Einwirkung); Lasten aus Erdbeben und Wind brauchen dabei nicht überlagert zu werden;

Dabei sind die Einwirkungen mit folgenden  $\gamma_F$ -Werten zu vervielfachen:

- a) in der Grundkombination:
  - 1) die Eigenlast mit  $\gamma_F = 1,35$ , wenn sie ungünstig wirkt, oder mit  $\gamma_F = 1,0$ , wenn sie günstig wirkt;
  - 2) die Vorspannkraft mit  $\gamma_F = 1,0$ ;
  - 3) alle anderen Einwirkungen mit  $\gamma_F = 1,5$ ;
- b) in der außergewöhnlichen Kombination:
  - 1) alle Einwirkungen mit  $\gamma_F = 1,0$ .

Der Nachweis der Betriebsfestigkeit ist mit  $\gamma_F = 1,0$  zu führen, siehe 8.1.3.

Die Schnittgrößen für das Tragrohr sind nach der Elastizitätstheorie II. Ordnung (Nachweis am verformten Tragwerk, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Baugrundverformung) zu berechnen. Sie dürfen nach der Stabtheorie ermittelt werden, d. h. auf die Berücksichtigung der Schalenwirkung darf verzichtet werden, wenn Gleichung (1) erfüllt ist. Dabei dürfen Öffnungen im Tragrohr vernachlässigt werden, wenn die Anforderungen nach 9.3.2 eingehalten sind.

$$\frac{l}{r} \geq 0,14 \times \frac{r}{t} + 10 \quad (1)$$

Dabei ist

- $l$  die maßgebende Länge des Tragrohrs (Kraglänge oder Abstand der Abspannpunkte);
- $r$  der mittlere Radius des Tragrohres;
- $t$  die mittlere Wanddicke des Tragrohres.

Bei Schnittgrößenermittlung nach einer Schalentheorie unter Voraussetzung elastischen Werkstoffverhaltens darf wegen der lokalen plastischen Umlagerungen die Belastung, die zu einem Fließen in der Randfaser führt, im Verhältnis der maximalen Zug- zur maximalen Druckspannung, jedoch höchstens um den Faktor 2,0 gesteigert werden. Die Schnittgrößen infolge Querschwingungen sind nach der Stabtheorie zu ermitteln. Vorverformungen des Gesamtsystems (Lotabweichungen, Vorkrümmungen) brauchen nicht eingerechnet zu werden. Die Schnittgrößen aus Erdbeben brauchen nicht nach Theorie II. Ordnung berechnet zu werden. Beim Ermitteln der Schnittgrößen im Innenrohr ist auch der Einfluss der Durchbiegung des Tragrohrs sowie das Schwingungsverhalten zu beachten.

## 7.2 Freistehende Schornsteine

Bei freistehenden Schornsteinen dürfen die Momente nach Theorie II. Ordnung vereinfachend nach Gleichung (2) berechnet werden, wenn:

- die Stabkennzahl  $\varepsilon \leq 0,8$  ist und
- am Schornsteinkopf konzentriert wirkende Lasten kleiner als 10 % der Eigenlast des Tragrohrs sind.

$$M'' = M' \left( 1 + \frac{\varepsilon^2}{8} \right) \quad (2)$$

Dabei ist

$M''$  das Moment nach Theorie II. Ordnung;

$M'$  das Moment nach Theorie I. Ordnung.

$$\varepsilon = h_F \times \sqrt{\frac{N_0}{EI_0}} \quad (3)$$

Dabei ist

$h_F$  die Höhe des Tragrohrs über der Auflagerung;

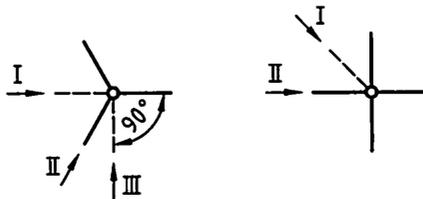
$N_0$  die Längskraft am Einspannquerschnitts;

$EI_0$  die Biegesteifigkeit des Einspannquerschnitts.

## 7.3 Abgespannte Schornsteine

### 7.3.1 Zu untersuchende Windrichtungen

Im Allgemeinen sind die Schnittgrößen für mehrere Windrichtungen zu berechnen, um die größten Beanspruchungen zu ermitteln. Bei zentralsymmetrischen Abspannungen nach Bild 2 brauchen die Schornsteine nur für die im Bild 2 eingetragenen Windrichtungen untersucht zu werden.



**Bild 2 — Zu untersuchende Windrichtungen bei abgespannten Schornsteinen**

Bei der Berechnung der Beanspruchungen des Tragrohrs sind jeweils die maximalen Schnittgrößen in ungünstigster Richtung anzunehmen (z. B. im Bereich von Öffnungen).

### 7.3.2 Näherung bei verschieden geneigten und verschieden langen Abspannseilen eines Abspannsterns

Sind Seile eines Abspannsternes verschieden lang oder verschieden geneigt, darf für den Nachweis vom arithmetischen Mittel der Seilneigungen und der Seillängen ausgegangen werden, wenn die Sehlenlängen der Seile des Abspannsternes sich um nicht mehr als 5 % bzw. die Neigungswinkel sich um nicht mehr als 3° voneinander unterscheiden.

### 7.3.3 Näherung bei abgespannten Schornsteinen bis 40 m Höhe

Bei abgespannten Schornsteinen bis zu einer Höhe von 40 m dürfen die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden; dem Stabilitätsnachweis nach DIN 18800-2 darf ein Ersatzstab zugrunde gelegt werden, dessen Knicklänge gleich dem 1,2fachen Abstand der Abspannpunkte ist.

## 8 Bemessung

### 8.1 Trag- und Innenrohr

#### 8.1.1 Tragsicherheitsnachweis

Der Tragsicherheitsnachweis ist, sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist, nach DIN 18800-1 zu führen. Er muss sicherstellen, dass die nach Abschnitt 7 ermittelten Schnittgrößen nicht größer sind als die im Grenzzustand der Tragfähigkeit aufnehmbaren Schnittgrößen. Diese Grenzschnittgrößen sind nach der Elastizitätstheorie unter der Bedingung zu ermitteln, dass der Bemessungswert der Streckgrenze  $f_{y,d} = f_{y,k}/\gamma_M$  nicht überschritten wird. Dabei ist  $f_{y,k}$  nach Tabelle 1 und der Teilsicherheitsbeiwert des Widerstandes  $\gamma_M = 1,1$  anzusetzen. (Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch nach DIN 18800-1). Zur Berücksichtigung der erhöhten Tragfähigkeit bei Ausnutzung von Plastizierung dürfen die so ermittelten Grenzschnittgrößen um 10 % erhöht werden. Eine Berechnung der Beanspruchbarkeiten unter planmäßiger Ausnutzung plastischer Tragfähigkeiten (Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch nach DIN 18800-1) ist jedoch nicht zulässig. Ein Nachweis der Biegebeanspruchung in Umfangsrichtung infolge der ungleichmäßigen Winddruckverteilung darf entfallen, wenn das Verhältnis Radius  $r$  zur Wanddicke  $t$  kleiner als 160 ist. Im Bereich von Querschnittsschwächungen sind besondere Maßnahmen nach 9.3.2 erforderlich.

#### 8.1.2 Beulsicherheitsnachweis

Der Beulsicherheitsnachweis ist nach DIN 18800-4 zu führen.

#### 8.1.3 Betriebsfestigkeitsnachweis

Der Betriebsfestigkeitsnachweis ist nur für die durch Querschwingungen des Bauwerks verursachten Schwingungsbeanspruchungen erforderlich; er ist im Allgemeinen auch dann zu führen, wenn die Beanspruchungen durch Gegenmaßnahmen reduziert werden. Für Schornsteine des Abmessungsbereiches II darf er entfallen. Der Betriebsfestigkeitsnachweis ist für die 1,0fachen Lasten durchzuführen. Bis zum Vorliegen einer entsprechenden Grundnorm ist eine Betriebsfestigkeitsuntersuchung nach Anhang B durchzuführen. Sind auf Betriebsfestigkeit zu untersuchende Bauteile ständig oder über längere Zeitspannen Temperaturen  $T$  von mehr als 100 °C ausgesetzt, dann sind die zulässigen Spannungsschwingbreiten  $\Delta\sigma_T$  nach Gleichung (4) zu ermitteln.

$$\Delta\sigma_T = \frac{1300 - T}{1200} \times \Delta\sigma \quad (4)$$

$$100 \text{ °C} \leq T \leq 500 \text{ °C}$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_T$  die bei der Temperatur  $T$  in °C zulässige Spannungsschwingbreite;

$\Delta\sigma$  die bei Normaltemperatur zulässige Spannungsschwingbreite nach Anhang B.

## 8.2 Gründung

### 8.2.1 Allgemeines

Für die Gründung gilt DIN 1054. Die Schnittgrößen aus der Querschwingungsuntersuchung (siehe A.2.2.1) sind als statische Belastung bis in die Bodenfuge zu verfolgen.

### 8.2.2 Fundament

Für die Bemessung des Stahlbetonfundamentes gilt DIN 1045.

### 8.2.3 Standsicherheit

Abweichend von DIN 1054:2003-01, 7.5.1 darf in der Sohlfläche infolge der aus den charakteristischen Werten der ständigen und veränderlichen Einwirkungen resultierenden Schnittgrößen keine klaffende Fuge auftreten.

Zur Vermeidung von Sattelbildung unter der Fundamentsohle infolge wiederholter Beanspruchung durch Windwirkung ist folgender Nachweis zu führen, sofern die Resultierende unter charakteristischer Einwirkung in der ungünstigsten Lastkombination außerhalb der 1. Kernweite liegt:

- Bei dem 1,5fachen des charakteristischen Momentes und 1,0facher charakteristischer Normalkraft darf das 1,5fache des zulässigen Sohldruckes nicht überschritten werden.

Bei der Verwendung von Bohrpfählen sind DIN 1054 und DIN EN 1536 zu beachten.

Beim Nachweis der Gleitsicherheit darf lediglich die Reibung zwischen Beton und Erdreich in der Gründungssohle in Ansatz gebracht werden. Eine Ausnahme ist zulässig bei Fundamenten für Abspannungen. Bei diesen darf der Erdwiderstand abzüglich des Erddrucks in Richtung der am Fundament angreifenden Horizontalkraft zusätzlich zu der Sohlreibung als Widerstand gegen Gleiten angesetzt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dann unter Umständen große Verschiebungen auftreten, die zu einer Verringerung der Vorspannkraft führen. Für die Ermittlung des Erdwiderstandes und des Erddrucks ist mit einem Erdkörper konstanter Breite gleich der Breite des Fundamentes zu rechnen. Die Sicherheit gegen Abheben muss für flach gegründete Fundamente mindestens 1,5 betragen.

## 9 Konstruktion

### 9.1 Allgemeines

Für die konstruktive Ausbildung der Einzelteile und der Verbindungen gilt DIN 18800-1. Es sind die betrieblichen Gegebenheiten, insbesondere die thermischen, chemischen und mechanischen Beanspruchungen zu berücksichtigen. Aussteifungen und Verbände für die Erhaltung der Querschnittsform sind in ausreichender Anzahl vorzusehen, insbesondere auch an den Mündungen der Schornsteinrohre und an allen Angriffspunkten von Abstützungen und Abspannungen.

### 9.2 Mindestwanddicke

Die Wanddicke von Trag- und abgasführenden Rohren sowie anderen Konstruktionsteilen muss mindestens 1,5 mm betragen. Abweichend davon darf diese Mindestwanddicke unterschritten werden, wenn die Verbindungsmittel auf die Wanddicke abgestimmt sind und ein besonderer Nachweis der Verwendbarkeit,

z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall, erbracht wird. Für Bauwerksflächen, die mit den abzuführenden Stoffen in Berührung kommen, gilt Abschnitt 10.

### **9.3 Tragrohr**

#### **9.3.1 Verbindungen**

Schraubenverbindungen standsicherheitsrelevanter Teile, für die ein Betriebsfestigkeitsnachweis nach 8.1.3 zu führen ist, dürfen nur als planmäßig vorgespannte Verbindungen ausgeführt werden. Die dauerhafte Vorspannung der Schrauben ist im Rahmen der Zustandsüberwachungen nach Abschnitt 12 sicherzustellen. Diese Einschränkung gilt nicht für Ankerschrauben. In Schraubenverbindungen ohne planmäßige Vorspannung nach DIN 18800-1 und bei Ankerschrauben müssen die Muttern gegen Losdrehen gesichert werden.

Bei bewitterten Schraubenverbindungen ist der Schraubenkopf bei senkrechtem Einbau immer auf der Oberseite anzuordnen.

#### **9.3.2 Öffnungen**

Querschnittsschwächungen durch Öffnungen (Mannlöcher, Fuchsöffnungen usw.) sind durch ausreichende Verstärkungen auszugleichen. Je nach Größe und Form der Öffnung können unterschiedliche Verstärkungen notwendig werden, wie z. B. Ringsteifen, Längssteifen, mittragende Stützen und Pflaster. Außerdem ist in der Umgebung von Löchern ausreichende Stabilität nachzuweisen. Auch hierfür sind unter Umständen Versteifungen im Bereich der Lochränder erforderlich. Bei der Anordnung von Längssteifen muss berücksichtigt werden, dass eine Lastverteilung der dort konzentrierten Längskräfte nur unter Heranziehung der Umfangsbiegung der Schalenwände in den Bereichen ober- und unterhalb der Öffnungen möglich ist. Die Steifenlänge ist so zu wählen, dass entsprechend große Bereiche zum Mittragen herangezogen werden; zur Aufnahme der Umfangsbiegung können zusätzlich Ringsteifen am Lochrand und am Ende der Längssteifen angeordnet werden. Die Aufnahme der Querkraft muss sichergestellt sein.

### **9.4 Innenrohr**

Die Stöße von Innenrohren sind gasdicht auszubilden.

### **9.5 Auskleidungen**

Auskleidungen aus Gieß-, Spritz- oder Stampfmassen müssen verankert werden. Bei gemauerten Auskleidungen können Abfangungen erforderlich werden. Durch konstruktive Maßnahmen muss sichergestellt sein, dass auftretende Zwängungen aufgenommen werden können.

### **9.6 Abspannseile**

#### **9.6.1 Allgemeines**

Für Seile und ihre Endverankerungen gilt DIN 18800-1. Um Torsionszwängungen klein zu halten, sind drehungsarme Seile zu bevorzugen.

#### **9.6.2 Drahtseilklemmen**

Werden Drahtseilklemmen verwendet, so ist DIN EN 13411-5 zu beachten. Die Muttern sind nach Aufbringen der Vorspannkraft nochmals nachzuziehen. Hierbei sind die Anziehmomente gegenüber DIN EN 13411-5 um 10 % zu erhöhen.

### 9.6.3 Seilverbindungen

Alle in Abspannungen zwischen Verankerungskonstruktion und Tragrohr angeordneten Verbindungen sind gelenkig — unter Verwendung von Bolzen — auszubilden. Die Bolzen sind zu sichern; Drahtsplinte und Federringe als alleinige Bolzensicherung sind hierbei nicht zulässig. Spannvorrichtungen sind gegen Verstellen zu sichern.

### 9.7 Wärmedämmung

Enthalten die Abgase Stoffe, deren Kondensat zur Korrosion des Stahls führen kann, soll eine Wärmedämmung der abgasführenden Teile so vorgesehen werden, dass eine Unterschreitung des Säuretaupunktes verhindert wird. Eine Wärmedämmung kann jedoch auch aus Gründen des Immissionsschutzes erforderlich werden (z. B. Vermeidung von Rußflockenbildung, vorgeschriebene Austrittstemperatur). Die Dämmstoffe dürfen nicht zusammensacken, verrutschen oder abfallen. Wärme- und Kältebrücken sind weitgehend zu vermeiden.

### 9.8 Gründung und Verankerung

Für die Ausführung von Betonfundamenten gilt die Normenreihe DIN 1045. Der Gründungkörper ist vor thermischen und chemischen Einflüssen zu schützen. Bei betonschädlichen Wässern und Böden siehe DIN 4030-1. Die Austrittspunkte einbetonierter Stahlteile sollen mindestens 30 cm über Gelände liegen, andernfalls sind besondere Korrosionsschutzmaßnahmen zu treffen. Die Oberseiten der Betonfundamente sind zur Entwässerung mit einem Gefälle von mindestens 5 % zu versehen und glatt abzureiben. Ankerkräfte sind voll durch Barren oder Platten auf den Beton zu übertragen. Abweichend hiervon dürfen bei Ankern aus Betonstahl Ankerbarren entfallen; die Verankerungslänge ergibt sich dann nach DIN 1045-1. Die Übertragung der Ankerkräfte durch Haftung bei vorgefertigten Ankerlöchern und nachträglichem Verguss ist nicht zulässig. Bei Abspannfundamenten ist zusätzlich zum jeweiligen Hauptanker eine Vorrichtung vorzusehen, die das Auswechseln des Abspannseiles ermöglicht; sie muss mindestens das 0,8fache der am Fundament angreifenden maximalen Seilkräfte übernehmen können.

### 9.9 Ausrüstung

#### 9.9.1 Begehungseinrichtungen

##### 9.9.1.1 Allgemeines

Begehungseinrichtungen müssen den Regeln des Arbeitsschutzes entsprechen.

Bei Schornsteinen muss die Zugänglichkeit bis zur Mündung sichergestellt sein; bei einer Höhe  $h_F$  von mehr als 25 m muss dies durch eine fest angebaute Steigleiter erfolgen.

Flanschverbindungen des Tragrohrs müssen über den gesamten Schornsteinumfang von einer Begehungseinrichtung aus inspizierbar sein.

**ANMERKUNG** Eine solche Begehungseinrichtung kann z. B. ein äußerer Umgang aus Steigseilen nach DIN 1056:1984-10, 10.9.2 mit Absturzsicherung sein.

##### 9.9.1.2 Steigleitern

Steigleitern sind nach den Normen der Reihe DIN 18799 auszuführen.

Im Inneren des Innenrohres darf kein Steiggang angebracht werden. Jedoch sind bei einer lichten Weite des Innenrohres von mehr als 0,6 m Vorkehrungen für das Anbringen einer Befahreinrichtung<sup>2)</sup> des Innenrohrinnenraumes zu treffen.

### 9.9.1.3 Standflächen und Laufstege

Zur Ausführung von Schornstiefeger- und Inspektionsarbeiten sind max. 1,50 m unter der Mündung Standflächen anzuordnen. Diese müssen mindestens den Anforderungen an Ruhebühnen nach DIN 18799 genügen.

Für Mess- und Wartungsarbeiten sind entsprechend dimensionierte Standflächen und Laufstege vorzusehen.

### 9.9.2 Flugsicherung

Es gelten die erforderlichen Anforderungen der Bundesanstalt für Flugsicherung.

### 9.9.3 Blitzschutz- und Erdungsanlagen

Schornsteine aus Stahl müssen eine wirksame Erdung und einen Blitzschutz nach den Normen der Reihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305) erhalten.

## 10 Korrosionsschutz

### 10.1 Allgemeines

Schornsteine aus Stahl müssen im Allgemeinen gegen Korrosion geschützt werden. Es ist zu unterscheiden zwischen Korrosionsbeanspruchungen durch die Abgase und denen durch äußere Umwelteinwirkungen. Durch die Abgase werden beansprucht:

- die Innenflächen des abgasführenden Rohres;
- die Außenflächen des Schornsteins und die Begehungseinrichtungen (Steigleitern, Bühnen, Sicherheitseinrichtungen; siehe auch 9.9) im Bereich der Abgasfahne – etwa dem 5fachen Außendurchmesser entsprechend;
- alle Außenflächen, die sich im Bereich der Abgase benachbarter Schornsteine befinden.

Maßnahmen gegen Korrosion bei Beanspruchung durch Abgase können bestehen aus:

- a) Korrosionsschutz durch:
  - Beschichtungen und Überzüge;
  - Auskleidungen;
- b) Überdimensionierung (Korrosionszuschlag zur Blechdicke);
- c) Wahl geeigneter nichtrostender Stähle.

---

2) Sicherheitsregeln für hochziehbare Personenaufnahmemittel, BGR 159 (Berufsgenossenschaftliche Regel) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

Die Auswahl der Maßnahmen richtet sich nach den mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen des Schornsteins, der Bauart, den Fertigungs- und Montagebedingungen sowie dem Standort.

## 10.2 Chemische Einwirkungen

### 10.2.1 Allgemeines

Die chemische Einwirkung entsteht durch Kondensation von verschiedenen Abgasen zu Säuren, z. B. Schwefelsäure, Salzsäure, verunreinigt durch Chloride und Fluoride. Je nach Art und Dauer der Einwirkung ist die zu erwartende chemische Beanspruchung einzustufen in:

- a) geringfügig;
- b) mittel;
- c) stark;
- d) sehr stark.

Allgemein ist das Vermeiden der Taupunktunterschreitung die sicherste Maßnahme gegen Korrosion.

### 10.2.2 Einwirkungen aufgrund von Schwefeloxiden

Der Grad der chemischen Beanspruchung ist in Abhängigkeit von der Dauer der Säuretaupunktunterschreitungen aus Tabelle 4 zu entnehmen; dabei sind An-, Abfahrts- und Stillstandzeiten nicht zu berücksichtigen.

**Tabelle 4 — Grad der chemischen Beanspruchung bei Einwirkung von Schwefelsäure**

Grad der chemischen Beanspruchung	Unterschreitung des Säuretaupunktes im Betriebszustand in h/a
geringfügig	unter 20
mittel	20 bis 100
stark	über 100 bis 2 000
sehr stark	über 2 000

Die in Tabelle 4 angegebenen Werte gelten für einen  $\text{SO}_3$ -Gehalt des Abgases von  $50 \text{ mg/m}^3$  (Massenanteil). Bei abweichenden Werten des  $\text{SO}_3$ -Gehaltes verändern sich die angegebenen Betriebsstunden umgekehrt proportional zum  $\text{SO}_3$ -Gehalt. Wenn letzterer nicht bekannt ist, sollte der  $\text{SO}_3$ -Gehalt mit mindestens 2 % (Massenanteil) des  $\text{SO}_2$ -Gehaltes im Abgas angenommen werden. Besonders zu beachten sind Stellen lokaler Abkühlung, z. B. Flansche, Umlenkungen oder Anbauten und Unterstützungspunkte.

### 10.2.3 Einwirkungen aufgrund von Chloriden und Fluoriden

Bei Abgasen, die Chloride und Fluoride enthalten, handelt es sich um sehr starke chemische Beanspruchung, wenn die Temperatur an der Wandoberfläche im Betriebszustand mehr als 20 h/a unter dem Säuretaupunkt liegt.

## 10.3 Maßnahmen gegen Korrosion

### 10.3.1 Beschichtungen und Überzüge

Es gelten die Normen der Reihe DIN EN ISO 12944. Die Wahl von Beschichtungen oder Überzügen ist nach den in 10.2 genannten Kriterien vorzunehmen. Dabei ist der Grad der chemischen Beanspruchung sehr sorgfältig zu bestimmen (z. B. für Außenmantel außen oder innen, Innenrohr innen). Mehrschichtige Systeme, bestehend aus Grund- und Deckbeschichtungen, sind für höhere Temperaturen und im Allgemeinen auch für starke chemische Beanspruchung besser geeignet als Einfachbeschichtungen. Die Verarbeitungsvorschriften der Lieferfirmen sind vom Verarbeiter sehr sorgfältig zu beachten. Dies gilt insbesondere auch für Ausbesserungen von Transport- und Montageschäden sowie für Baustellenverbindungen.

### 10.3.2 Auskleidungen

Bei gemauerten Auskleidungen ist bei starker und sehr starker chemischer Beanspruchung säurebeständiges Mauerwerk nach DIN 1056:1984-10, 2.11, vorzusehen. Wird der Säuretaupunkt auf der Innenseite des Stahlrohres unterschritten, ist zwischen Auskleidung und Stahlrohr ein zusätzlicher Korrosionsschutz durch Beschichtung mit säurebeständigem Material aufzubringen. Auf die thermische Beständigkeit dieser Beschichtung ist zu achten.

### 10.3.3 Korrosionszuschlag zur Blechdicke

Als Maßnahme gegen Korrosion für die mit den abzuführenden Stoffen in Berührung kommenden Innenflächen des Rohres darf ein Korrosionszuschlag zur Blechdicke (Überdimensionierung) nach DIN EN 13084-7:2006-06, Tabelle 4 vorgesehen werden. Dies kann dann erforderlich werden, wenn, z. B. bei hoher Abgastemperatur mit häufigen Betriebsunterbrechungen, ein einwandfreier Korrosionsschutz durch Beschichtungen und Überzüge nicht möglich oder unwirtschaftlich ist.

### 10.3.4 Wahl geeigneter nichtrostender Stähle

Von den in 5.2 aufgeführten nichtrostenden Stählen dürfen bei Schornsteinen von Verbrennungsanlagen solche nach Tabelle 5 verwendet werden. Bei anderen als den dort angegebenen Schadstoffkombinationen oder höheren Grenzwerten dürfen die genannten Stähle für standsicherheitsrelevante Bauteile nicht verwendet werden. Der für die Auswahl dieser Werkstoffe maßgebliche Schadstoff ist das Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) wobei die möglichen begleitenden Anteile an Chlor- und Fluorverbindungen die angegebenen Höchstwerte nicht überschreiten dürfen. Zur Berücksichtigung der flächenabtragenden Wirkung des Schwefels ist die statisch erforderliche Blechdicke<sup>3)</sup> um den Zuschlag nach DIN EN 13084-7:2006-06, Tabelle 4, zu vergrößern.

Wegen der möglichen interkristallinen Korrosion von CrNi-Stählen bei Wandtemperaturen oberhalb von 400 °C sind besondere Überlegungen anzustellen. Gegebenenfalls ist der Rat eines Experten einzuholen.

Für nicht standsicherheitsrelevante Bauteile können nach entsprechenden Untersuchungen höherwertige nichtrostende Stähle oder Nickelbasislegierungen verwendet werden.

---

3) Mindestens jedoch 1,5 mm nach 9.2

Tabelle 5 — Nichtrostende Stähle für Schornsteine von Verbrennungsanlagen

Brennstoffe <sup>a</sup>	Erdgas	Heizöl EL <sup>b</sup> , Holz (natur)	Heizöl S <sup>c</sup> , Kohle (max. 1% S)
mit einem Gehalt im Abgas von	SO <sub>2</sub> < 35 mg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> < 500 mg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> < 1 700 mg/m <sup>3</sup>
	sowie HCL < 30 mg/m <sup>3</sup> und HF < 5 mg/m <sup>3</sup>		
maßgebende Wandtemperaturen im planmäßigen Betriebszustand in °C	Verwendbare Stähle (Werkstoffnummern)		
0 bis 100	1.4571 1.4435 1.4539	1.4539	1.4539
über 100 bis 150	1.4541 1.4571 1.4435 1.4539	1.4571 1.4435 1.4539	1.4539
über 150 bis 300	1.4541 1.4571 1.4435 1.4539	1.4571 1.4435 1.4539	1.4571 1.4435 1.4539
über 300 bis 400	1.4541 1.4571 1.4435	1.4541 1.4571 1.4435	1.4571 1.4435
über 400 bis 550	1.4561 1.4878	1.4561 1.4878	1.4561 1.4878
<sup>a</sup> Deponiegas und Stadtgas sind nach der Abgasanalyse entsprechend einzuordnen. <sup>b</sup> Nach DIN 51603-1. <sup>c</sup> Nach DIN 51603-3.			

## 11 Ausführung

### 11.1 Allgemeines

Für das Herstellen standsicherheitsrelevanter Bauteile aus Stahl gilt DIN 18800-7.

### 11.2 Geschweißte Schornsteine aus Stahl

Geschweißte Schornsteine aus Stahl dürfen nur von Betrieben hergestellt werden, die über eine Herstellerqualifikation nach DIN 18800-7 verfügen. Die notwendige Klasse der Herstellerqualifikation nach DIN 18800-7 ergibt sich aus den Werkstoffen, den Wanddicken und den Abmessungen.

Für die Herstellung von Schornsteinen des Abmessungsbereiches I nach Bild 1 ist die Herstellerqualifikation Klasse E mit dem Anwendungsbereich von DIN V 4133 erforderlich.

Die eingesetzten Schweißer müssen über eine gültige Prüfbescheinigung nach DIN EN 287-1 verfügen, die in ihren Grenzen die zu schweißenden Nähte und Werkstoffe abdeckt.

**11.3 Einbringen der Vorspannkkräfte von Abspannseilen**

Das Einbringen und die Endkontrolle der Vorspannkkräfte sind im wind- und eisfreien Zustand durchzuführen. Andernfalls sind weitere Überlegungen erforderlich. Die Aufstelltemperatur ist dabei zu berücksichtigen.

Das Einbringen der Vorspannkkräfte muss mit Messeinrichtungen überwacht und protokolliert werden. Hierbei ist die Benutzung von Spannvorrichtungen zulässig, die nach dem Einbau von Passstücken in die Seilachse entlastet und wieder ausgebaut werden dürfen.

**11.4 Korrosionsschutz**

Für die Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten gelten DIN EN ISO 12944-4 und DIN EN ISO 12944-6. Kontrollflächen nach DIN EN ISO 12944-7 sollten vorgesehen werden.

**12 Zustandsüberwachung**

Schornsteine müssen regelmäßig durch einen Sachkundigen überprüft werden.

Die erste Zustandsüberwachung ist 24 Monate nach Inbetriebnahme durchzuführen. In diesem Zeitraum sind die Betriebsdaten zur Ermittlung des Grades der chemischen Beanspruchung zu kontrollieren.

Die zeitlichen Abstände der weiteren Zustandsüberwachung sind in Abhängigkeit vom festgestellten Grad der chemischen Beanspruchung nach Tabelle 6 festzulegen, siehe 10.2.

**Tabelle 6 — Zeitliche Abstände der Zustandsüberwachung**

Grad der chemischen Beanspruchung	geringfügig	mittel	stark	sehr stark
Abstand der Zustandsüberwachung in Jahren	4	3	2	1

Wird der Grad der chemischen Beanspruchung nicht ermittelt, ist dieser immer mit „sehr stark“ anzunehmen.

Für Schwingungsdämpfer und Steigschutzeinrichtungen sind gegebenenfalls hierfür vorgeschriebene kürzere Zeitabstände zur Inspektion und Wartung zu beachten.

Auch der begehbare Innenraum zwischen Trag- und Innenrohr muss in die Zustandsüberwachung einbezogen werden.

Über die Zustandsüberwachungen ist ein Protokoll anzufertigen.

Alle planmäßig vorgespannten Schrauben sind 3 bis 12 Monate nach der Montage mit dem Prüfmoment nach DIN 18800-7 zu überprüfen; darüber ist ein Protokoll anzufertigen. Diese Schrauben sind im Zuge der weiteren regelmäßigen Zustandsüberwachungen zu kontrollieren.

## Anhang A (normativ)

### Windlastannahmen Ergänzung zu DIN 1055-4:2005-03

#### A.1 Allgemeines

Für die Ermittlung der Einwirkungen aus Wind gilt DIN 1055-4 mit den folgenden Ergänzungen.

#### A.2 Böenerregte Schwingungen

Böenerregte Schwingungen sind nach DIN 1055-4:2005-03, Anhang C, zu untersuchen.

#### A.3 Abminderung des Geschwindigkeitsdruckes bei vorübergehenden Zuständen

Für einen vorübergehenden Zustand (Montagezustand) darf der Geschwindigkeitsdruck  $q_m(z)$  auf das 0,7-fache reduziert werden, sofern dieser Zustand nicht länger als 2 Jahre andauert. Weitere Abminderungen sind nicht zulässig.

#### A.4 Geländekategorien und Profile der Windgeschwindigkeit

Das Profil der mittleren Windgeschwindigkeit und der Böengeschwindigkeit sowie die Turbulenzintensität dürfen nach DIN 1055-4:2005-03, Tabellen B.2 oder B.3 berechnet werden.

Der Böengeschwindigkeitsdruck zur Berechnung der statischen Ersatzlast ist mit dem Böenreaktionsfaktor  $G$  nach DIN 1055-4:2005-03, Gleichung (C.4), zu ermitteln. Der Faktor  $G$  enthält auch die dynamische Bauwerksreaktion.

Für die Berechnung der Reynoldszahl ist die Böengeschwindigkeit nach DIN 1055-4:2005-03, Tabellen B.2 oder B.3, einzusetzen.

Bei Berechnungen nach DIN 1055-4:2005-03, Tabelle B.2, dürfen jedoch nur die Geländekategorien I und II angenommen werden.

#### A.5 Äquivalente Rauigkeiten von Zylinderoberflächen

Ergänzend zu DIN 1055-4:2005-03, Tabelle 11, werden folgende Rauigkeitswerte angegeben:

- |   |                        |
|---|------------------------|
| — Stahl, poliert                          | $k = 0,05 \text{ mm};$ |
| — Stahl, glatt, beschichtet oder verzinkt | $k = 0,20 \text{ mm};$ |
| — Stahl, leicht angerostet                | $k = 0,50 \text{ mm}.$ |

## A.6 Schraubenwendeln

Für Baukörper mit kreisförmigen Querschnitt, bei denen Störelemente, z. B. in Form von Schraubenwendeln, angeordnet sind, ist der aerodynamische Kraftbeiwert  $c_f = 1,2$ , bezogen auf den umhüllenden Zylinder (projizierte Fläche  $d_H \times l_W$  wobei  $d_H$  der äußere Durchmesser der Wendel und  $l_W$  die Gesamthöhe der Wendel sind), anzusetzen, sofern durch Windkanalversuche kein geringerer Wert nachgewiesen wird. Dieser Kraftbeiwert ist von der Windgeschwindigkeit bzw. vom Staudruck unabhängig.

Außenanbauten, z. B. Außenpodeste und Leitern, sind, sofern keine besonderen Untersuchungen durchgeführt werden, unabhängig von ihrem Abstand mit ihrem vollen rechnerischen Wert  $c_f \times A \times G \times q_m(z)$ , wobei  $A$  die vom Wind getroffene Fläche ist, zusätzlich in Rechnung zu stellen.

Bei einem geringen Abstand der Anbauten vom Schornstein können noch größere Windkräfte auf die Anbauten wirken. Als oberer Grenzwert kann mit einer Erhöhung auf das 1,7fache gerechnet werden.

## A.7 Umfangsdruckverteilung bei kreisförmigen Querschnitten

Die ungleichförmige Winddruckverteilung über den Umfang kreisförmiger Querschnitte ist in DIN 1055-4:2005-03, 12.7.3, angegeben. Die daraus an einem Kreisring resultierenden maximalen Schnittgrößen je Längeneinheit dürfen angenommen werden zu:

$$M = 0,125 \times G \times q_m(z) \times d^2$$

$$N = 0,750 \times G \times q_m(z) \times d \quad (\text{Zugkraft})$$

$$Q = 0,500 \times G \times q_m(z) \times d$$

Dabei ist

$d$  der Außendurchmesser des Querschnitts;

$q_m(z)$  der mittlere Staudruck in Höhe des zu bemessenden Querschnitts;

$G$  der Böenreaktionsfaktor nach DIN 1055-4:2005-03, Gleichung (C.4).

## A.8 Windlast mit Eisansatz

Bei großen zylindrischen Stahlschornsteinen ist ein Nachweis der Windlast auf die durch Eisansatz vergrößerte Bezugsfläche in der Regel nicht erforderlich. Er kann notwendig werden bei feingliedrigen Konstruktionen und Fachwerken.

In diesem Fall ist die Windlast auf die durch den allseitigen Eisansatz vergrößerte Bezugsfläche des Tragwerks und der Abspannseile mit 75 % des Staudruckes zu ermitteln. Für den Eisansatz gilt DIN 1055-5.

## A.9 Wirbelerregte Schwingungen in Querrichtung

Die Sicherheit gegen Beanspruchungen aus wirbelerregten Schwingungen in Querrichtung ist für alle Eigenfrequenzen nachzuweisen, bei denen gilt  $v_{crit,i} < 1,25 v_{m,i}$ .

Die Vorgabe einer Grenzschlankheit, z. B.  $h/d < 60$ , gilt damit nicht mehr.

## A.10 Anzahl N der Spannungsschwingspiele

Die Anzahl N der Spannungsschwingspiele ist je angeregter Eigenfrequenz mit der DIN 1055-4:2005-03, Gleichung (D.4), angegebenen Beziehung zu ermitteln. Dabei ist im Gegensatz dazu die Mindestzahl der Lastspiele mit 10 000 anzusetzen.

## A.11 Logarithmische Dämpfungsdekremente für Schornsteine aus Stahl

Dämpfungswerte von Schornsteinen aus Stahl können je nach Konstruktionsart und -ausführung stark schwanken. Auch entwurfsgleiche Schornsteine können deutlich unterschiedliche Dämpfungen aufweisen. Rechenwerte für die Strukturdämpfung der Grundschiwingung werden in Tabelle A.1 angegeben. (Rechenwerte für die Strukturdämpfung von Obertonschwingungen können davon abweichen !)

Tabelle A.1 — Rechenwerte für die Strukturdämpfung der Grundschiwingung

Konstruktionsart Basis: kreiszylindrisches Tragrohr	Parameter nach DIN 1055-4		
	$a_1^b$	$b_1^b$	$\delta_{\min}$
ungestoßen, geschweißt oder mit HV-Verbindung geschraubt, ohne Innenrohr, ohne Wärmedämmung	0	0	0,012
ohne Innenrohr, mit äußerer Wärmedämmung	0	0	0,020
mit Innenrohr und daran angebrachter äußerer Wärmedämmung	$h/b < 18^a$	0	0,020
	$20 \leq h/b < 24^a$	0	0,040
	$h/b \geq 26^a$	0	0,014
mit zwei oder mehr Innenrohren und daran angebrachter äußerer Wärmedämmung	$h/b < 18^a$	0	0,020
	$20 \leq h/b < 24^a$	0	0,040
	$h/b \geq 26^a$	0	0,025
ausgemauert	0	0	0,070
mit Spritzbeton ausgekleidet	0	0	0,030
abgespannt, ohne Innenrohr	0	0	0,040
Rohrgruppe, kraftschlüssig verbunden, ohne Innenrohre	0	0	0,015
<sup>a</sup> Zwischenwerte sind linear zu interpolieren. <sup>b</sup> Parameter nach DIN 1055-4:2005-03, Tabelle F.2, für verschiedene Bauwerkstypen wurden hier mit 0 angegeben, da die Werte für Stahlschornsteine nicht erforderlich sind.			

## A.12 Maßnahmen gegen wirbelerregte Schwingungen in Querrichtung

### A.12.1 Allgemeines

Schwingungen lassen sich mit Hilfe aerodynamischer oder strukturdynamischer Maßnahmen verringern. Möglich sind z. B.

- aerodynamische Maßnahmen, z. B. in Form von Schraubenwendeln,
- dynamische Schwingungsdämpfer,
- Störabspannungen.

### A.12.2 Aerodynamische Maßnahmen

Schraubenwendeln bewirken eine Störung der regelmäßig sich ablösenden Wirbel, wodurch die Erregerkräfte verringert werden. Am wirksamsten sind die Wendeln, wenn sie wie folgt ausgeführt werden:

- dreigängig;
- Ganghöhe  $h_w = 4,50 d$  bis  $5,00 d$ ;
- Wendeltiefe  $t_w = 0,10 d$  bis  $0,12 d$ .

Die Abnahme des Grundwertes  $c_{lat}^*$  mit zunehmender Wendellänge  $I_w$  ist aus Bild A.1 zu ersehen und ist unabhängig von der Reynoldszahl. Als Wirklänge ist dabei die gesamte Schornsteinhöhe anzunehmen, d. h. der Wirklängenfaktor beträgt  $K_w = 1$ . Die Wendel beginnt an der Schornsteinspitze. Es ist zulässig, die Wendel auch um das Maß  $1,0 d$  bis  $1,5 d$  unterhalb der Schornsteinspitze beginnen zu lassen. Sie muss mindestens über einem Bereich  $I_w = 0,15 h$  angeordnet werden. Die Wirkung der Wendel nimmt mit kleiner werdender Scrutonzahl ab. Bild A.1 ist gültig für  $Sc \geq 8$ .

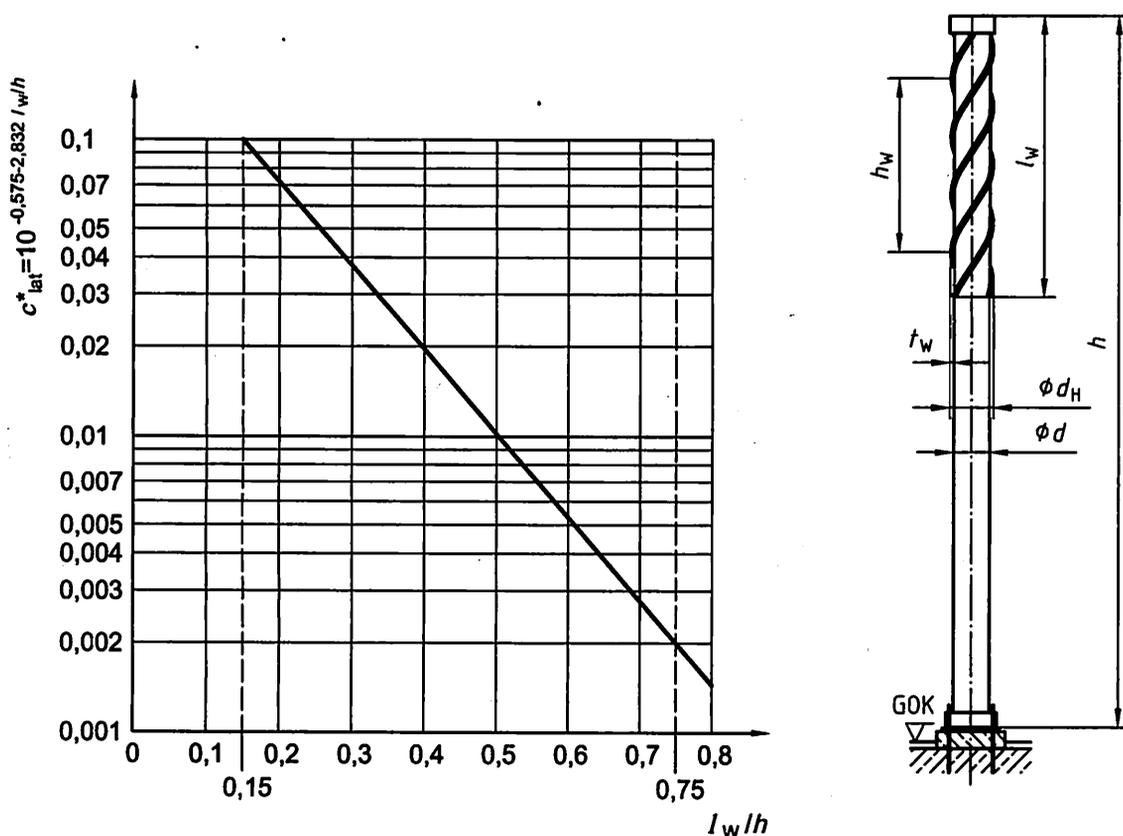


Bild A.1 — Grundwert  $c_{lat}^*$  des aerodynamischen Erregerkraftbeiwertes in Abhängigkeit von der Wendellänge  $I_w$  und Schornsteinhöhe  $h$  (gültig für  $Sc \geq 8$ )

Für andere aerodynamische Maßnahmen ist ein gesonderter Nachweis zu führen (z. B. Windkanalversuch).

### A.12.3 Dynamische Schwingungsdämpfer

Ein dynamischer Schwingungsdämpfer besteht aus einer schwingungsfähig und gedämpft gelagerten Zusatzmasse, wobei Masse, Eigenfrequenz und Dämpfung auf das Bauwerk abgestimmt sein müssen, um die Dämpfung insgesamt zu erhöhen. Die zu fordernde Gesamtdämpfung ergibt sich aus der Querschwingungsberechnung und dem Ermüdungssicherheitsnachweis. Falls keine Betriebserfahrung für die Wirksamkeit des Dämpfers vorliegt, sind Funktionsfähigkeit, Frequenzabstimmung und Systemdämpfung durch Versuche nachzuweisen. Es ist ein Protokoll darüber anzufertigen, aus dem zu ersehen ist, dass die laut Berechnung erforderliche Dämpfung erreicht wird. Es ist anzugeben, in welchem Zeitzyklus eine Inspektion und/oder Wartung des Dämpfers vorzunehmen ist.

### A.12.4 Störabspannungen

Eine Störabspannung ist eine zusätzliche Abspannung des Schornsteins. Sie wirkt dann schwingungsdämpfend, wenn aufgrund der Seilmachart oder eigens angebrachter Elemente Schwingungsenergie zerstreut werden kann oder wenn die Nichtlinearität der Seilcharakteristik ausgenutzt wird. Die Wirksamkeit der Maßnahmen ist am fertigen Schornstein durch Versuch nachzuweisen. Bei festem Anschluss der Seilenden ist auch der statische Nachweis für die maximalen Einwirkungen aus Wind und Temperatureffekten zu führen.

## Anhang B (normativ)

### Betriebsfestigkeitsnachweis

#### B.1 Anwendungsbereich

Die folgenden Festlegungen gelten für den Nachweis der Betriebsfestigkeit von Konstruktionen aus allgemeinen Baustählen, nichtrostenden Stählen und warmfesten Stählen mit einer Streckgrenze von höchstens  $400 \text{ N/mm}^2$  und Schrauben bis zur Festigkeitsklasse 10.9 unter wechselnden Beanspruchungen konstanter Amplitude. Alle rechnerischen Spannungswechsel müssen im elastischen Bereich des Stahles liegen. Die angegebenen Festigkeiten gelten nur unter der Bedingung, dass die Stähle gegen Korrosion geschützt sind, da bei Korrosionseinfluss mit einer erheblichen Reduzierung dieser Werte gerechnet werden muss.

Die Festlegungen gelten nur für Schwingungen in der Grundeigenfrequenz. Bei höheren Eigenfrequenzen sind weitergehende Überlegungen anzustellen (Anwendung der doppelt geknickten Wöhlerlinie auf, sowie Durchführung der Schadenakkumulationsberechnung für jeden Detailpunkt).

#### B.2 Spannungsberechnung

Die Spannungen sind nach der Elastizitätstheorie unter Berücksichtigung realistischer Steifigkeiten und Zwänge unter Einwirkung der charakteristischen Belastungen zu berechnen. Sie sind in der maßgebenden Faser des Nachweisquerschnitts rechtwinklig zur dargestellten „Risslinie“ (siehe Tabellen B.1 und B.2) zu ermitteln, wobei der spannungserhöhende Einfluss der lokalen Formgestaltung und des Schweißdetails nicht berücksichtigt zu werden braucht, wenn diese im Kerbfallkatalog angegeben sind. Bei kombinierten Spannungen an einem Detailpunkt sollten die Längsspannungsschwingbreiten und die Schubspannungsschwingbreiten für sich getrennt nachgewiesen werden. Zusätzlich kann ein Nachweis der Hauptspannungsschwingbreiten geführt werden, wenn keine besseren Kombinationsregeln aus Versuchen zur Verfügung stehen. Die einwirkenden Spannungsschwingbreiten  $\Delta\sigma$  sind als Differenz zwischen maximaler und minimaler Spannung zu ermitteln.

#### B.3 Nachweis

Auf einen Betriebsfestigkeitsnachweis darf verzichtet werden, wenn:

— die einwirkenden Spannungsschwingbreiten den Wert  
 $\Delta\sigma = 26 \text{ N/mm}^2$  (B.1)  
 nicht überschreiten oder

— die Anzahl der Spannungswechsel  
 $N \leq 5 \times 10^6 \left( \frac{26}{\Delta\sigma} \right)^3$  mit  $\Delta\sigma$  in  $\text{N/mm}^2$  (B.2)

ist.

Andernfalls ist nachzuweisen, dass die einwirkende Spannungsschwingbreite  $\Delta\sigma$  nicht größer ist als die Betriebsfestigkeit  $\Delta\sigma_R$  des betrachteten Konstruktionsdetails. Die Betriebsfestigkeit  $\Delta\sigma_R$  wird durch die  $\Delta\sigma$ - $N$ -Linie nach Bild B.1 wie folgt beschrieben:

$$\Delta\sigma_R = \Delta\sigma_A \times \left( \frac{N_A}{N} \right)^{1/m} \quad (\text{B.3})$$

Gleichung (B.3) ist gültig für  $N \leq 5 \times 10^6$ .

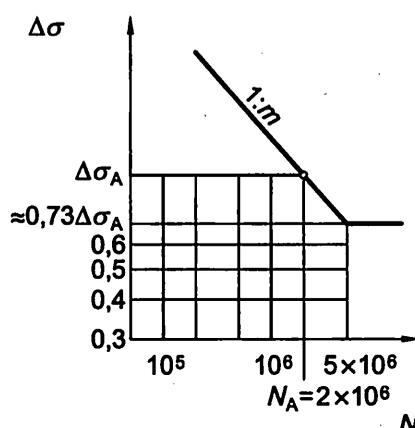
Dabei ist

$\Delta\sigma_A$  die Bezugsgröße der Betriebsfestigkeit entsprechend der Kerbfallklasse nach Tabelle B.1;

$N_A = 2 \times 10^6$  die Anzahl von Spannungswechseln für die Bezugsgröße der Betriebsfestigkeit  $\Delta\sigma_A$ ;

$N$  die Anzahl der auftretenden Spannungswechsel;

$m = 3$  der Neigungsfaktor der  $\Delta\sigma$ - $N$ -Linie bei doppeltlogarithmischer Darstellung.



**Bild B.1 —  $\Delta\sigma$ - $N$ -Linie**

Ein Konstruktionsdetail ist nach Bild B.2 anhand des Kerbfallkatalogs nach Tabelle B.1 einzuordnen. Die angegebenen Festigkeiten gelten für Bauteile mit Blechdicken bis 25 mm. Bei größeren Blechdicken ist bei Stumpf- und Kehlnähten, die quer zur Spannungsrichtung verlaufen, und bei Verbindung von Teilen gleicher Blechdicke mit der folgenden abgeminderten Betriebsfestigkeit  $\Delta\sigma_R^*$  zu rechnen:

$$\Delta\sigma_R^* = \Delta\sigma_R \times \left( \frac{25}{t} \right)^{1/4} \quad (\text{B.4})$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_R$  die Betriebsfestigkeit nach Gleichung (B.3);

$t$  die Blechdicke, in mm.

Für Schrauben unter zentrischer Zugbeanspruchung gilt die Kerbfallklasse 36 ( $\Delta\sigma_A = 36 \text{ N/mm}^2$ ). Wird statt einer Korrosionsschutzmaßnahme ein Zuschlag zur Blechdicke nach 10.3.3 gewählt, gilt unabhängig von der Zuordnung zu einem Kerbfall nach Tabelle B.1 die Kerbfallklasse 36 ( $\Delta\sigma_A = 36 \text{ N/mm}^2$ ). Sind die zu untersuchenden Bauteile ständig oder über längere Zeitspannen höheren Temperaturen ausgesetzt, sind die angegebenen Betriebsfestigkeiten abzumindern (siehe 8.1.3).

Tabelle B.1 — Aufbau einer Kerbfallbeschreibung in Tabelle B.2 — Kerbfallkatalog

Kerbfall Nr.	Bezugsgröße der Betriebsfestigkeit $\Delta\sigma_A$ (Kerbfallklasse)
Beschreibung des Kerbfalls (Schweißdetail, Stoßausbildung) und Angabe der ausgeführten Schweißnahtart (nach Tabelle B.2)	Darstellung des jeweiligen Detailpunktes mit Kennzeichnung der „Risslinie“ (---) an welcher die einwirkende Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ zu ermitteln ist.

a) $\Delta\sigma_A = 45 \text{ N/mm}^2$	b) $\Delta\sigma_A = 71 \text{ N/mm}^2$	c) $\Delta\sigma_A = 90 \text{ N/mm}^2$
$c \leq 2d$ $\frac{e}{d} \leq 2 \frac{d}{t} \leq 10$ $t_F \geq 1,5d$ jedoch $\min t_F = 4t$ für $r/t \leq 50$ $\min t_F = 3t$ für $r/t \leq 100$ $\min t_F = 2t$ für $r/t \leq 200$ Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.		$c \leq 2d$ $\frac{e}{d} \leq 2 \frac{d}{t} \leq 10$ $t_F \geq 1,25d$ für S235 $t_F \geq 1,0d$ für S355
<b>Legende</b> 1 Schraube 10.9, 100 % vorgespannt, Durchmesser $d$ , Abstand $e$		

Bild B.2 — Flanschverbindung

ANMERKUNG Die in Bild B.2 angegebene Bezugsgröße  $\Delta\sigma_A$  gilt für die Spannungsschwingbreite in der Schornsteinwand. Die aus dem exzentrischen Anschluss resultierenden Zusatzspannungen brauchen bei der Ermittlung von  $\Delta\sigma$  nicht berücksichtigt zu werden.

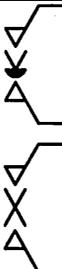
Tabelle B.2 — Kerbfallkatalog

Kerbfall Nr.	Schweißdetail	Kerbfall Nr.	Schweißdetail
1	125/112/90	6	125/112
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 1 125 Nahtart 2 90 Nahtart 3 112		Längsstoß in Rohrschüssen, durchlaufend geschweißt mit Nahtart 1 und 2 125 Nahtart 3 112	
2	80	7	125/112
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 3		Längsstoß in Rohrschüssen, durchlaufend geschweißt mit Nahtart 5 bis 7 125 Nahtart 8 112	
3	71	8	80
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 4 auf verbleibender (oder wieder entfernter) Wurzellage		Längssteg an Rohrschuss, durchlaufend geschweißt mit Nahtart 5 bis 8, kontinuierlicher Schubfluss (Quersteg analog)	
4	50	9	siehe Beschreibung
Querstoß in Rohrschüssen unterschiedlicher Dicke, einseitig geschweißt mit Nahtart 4		Längssteg mit Beanspruchungen rechtwinklig zur Naht: analog Kerbfall 11,12,13	
5	siehe Beschreibung	10	siehe Beschreibung
Querstoß mit Beanspruchungen parallel zur Naht: analog Fall 6 Längsstoß mit Beanspruchungen rechtwinklig zur Naht: analog Kerbfall 1 bis 4		Querstoß mit Beanspruchungen parallel zur Naht: analog Kerbfall 7, 8, 17, 18	

Tabelle B.2 (fortgesetzt)

Kerbfall Nr.	Schweißdetail	Kerbfall Nr.	Schweißdetail
11	112/90	16	90
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 5 bis 7 $t \leq 12 \text{ mm}$ 112 $t > 12 \text{ mm}$ 90		angeschweißter Brundstahl oder Kopfbolzendübel	
12	80/71	17	90/71/56
Querstoß in Rohrschüssen, geschweißt mit Nahtart 8 $t \leq 12 \text{ mm}$ 80 $t > 12 \text{ mm}$ 71		Längsstoß, an Rohrschuss angeschweißt mit Nahtart 5 bis 8 $\alpha \leq 15^\circ$ 90 $15^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ 71 $60^\circ < \alpha$ 56	
13	80/71	18	71/56
Quersteg, an Rohrschuss angeschweißt mit Nahtart 5 bis 8: kurzer Steg oder langer Steg mit unterbrochener Naht $t \leq 12 \text{ mm}$ 80 $t > 12 \text{ mm}$ 71		Längssteg, an Rohr- schuss angeschweißt mit Nahtart 5 bis 8: kurzer Steg der Länge $l$ oder langer Steg mit unterbrochener Naht (Nahtlänge $l$ ) $50 \text{ mm} \leq l \leq 100 \text{ mm}$ 71 $100 \text{ mm} < l$ 56	
14	71/56/36	19	50/36
Kreuzstöße mit kraftübertragenden Schweißnähten Nahtart 5 71 Nahtart 6 und 7 56 Nahtart 8 36		Pflasterblech (mit oder ohne weitere Anschlussstücke) an Rohrschuss angeschweißt mit Nahtart 7 oder 8: $t \leq 25 \text{ mm}$ 50 $t > 25 \text{ mm}$ 36	
15	siehe Darstellung	20	siehe Bild B.2
Fußring a wie Kerbfall 14 b wie Kerbfall 11, 12		Flanschverbindung	

Tabelle B.3 — Nahtarten

Nahtart	Nahtausführung	Sinn- bild	Prüfung der Ausführung		
			Prüfverfahren	Kurzzeichen entsprechend der Ausnutzung der zulässigen Spannungen	
				> 80 %	≤ 80 %
1 Stumpfnaht Sondergüte	a) Wurzel ausgearbeitet, Kapplage gegengeschweißt b) in Spannungsrichtung eben bearbeitet c) keine Endkrater d) Schweißoberfläche frei von angeschliffenen Mikroporen		zerstörungsfreie Prüfung der Naht, z. B. Durchstrahlung in % der Nahtlänge	P 100 (100 % der Nahtlänge)	P 50 (50 % der Nahtlänge)
2 Stumpfnaht	a) Wurzel ausgearbeitet, Kapplage gegengeschweißt b) keine Endkrater c) Nahtüberhöhung max. 10 % der Nahtbreite		wie Zeile 1, jedoch nur bei Zugbeanspruchung	P 10	P 5
3 Stumpfnaht	Einseitig geschweißt, Durchschweißen der Nahtwurzel und ebene Oberfläche auf der Gegenseite sichergestellt durch Schweißhilfen (z. B. Badsicherung durch Keramik oder Kupferschiene)		zerstörungsfreie Prüfung wichtiger Nähte	P 10	P 5
4 Stumpfnaht	Einseitig geschweißt		—	—	—
5 D(oppel)-HV-Naht mit Kehlnähten	a) Wurzel ausgearbeitet und gegengeschweißt b) Nahtübergänge kerbfrei, gegebenenfalls bearbeitet				
6 D(oppel)-HY-Naht mit Kehlnähten	Breite der Restfuge an der Wurzel bis 3 mm oder $0,2 \times t$ . Der kleinere Wert gilt.				
7 Doppelkehlnaht-Sondergüte	Nahtübergänge kerbfrei, gegebenenfalls bearbeitet				
8 Doppelkehlnaht					