

Schornsteine aus Stahl

DIN
4133

Steel stacks
Cheminées en acier

Ersatz für Ausgabe 08.73

Diese Norm wurde im NABau-Fachbereich 02 Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB) ausgearbeitet.

Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken; dies gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe „...Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Zum Haupttext der Norm gehört ein Anhang A „Windlastannahmen“, der spezielle Regelungen für schwingungsanfällige Bauwerke (hier: Schornsteine aus Stahl) enthält, die nicht durch die z.Z. gültige Norm DIN 1055 Teil 4/08.86 „Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken“, abgedeckt sind. Entsprechende Anhänge, die aufeinander abgestimmt sind, jedoch auch bauarttypische Besonderheiten enthalten, sind DIN 1056/10.84 „Freistehende Schornsteine in Massivbauart; Berechnung und Ausführung“ DIN 4228/02.89 „Werkmäßig hergestellte Betonmaste“ und DIN 4131/11.91 „Antennentragwerke aus Stahl“ angefügt.

Ein Überführen der Anhänge in eine Ausgabe von DIN 1055 Teil 4, deren Anwendungsbereich auch schwingungsanfällige Bauwerke erfaßt, ist vorgesehen.

Bis zur Herausgabe einer entsprechenden Fassung von DIN 1055 Teil 4 ist die Windlast für Stahlschornsteine nach den im Anhang A angegebenen Verfahren zu berechnen.

Ein möglicher Querverweis auf die in anderen Anhängen schon vorliegenden Regelungen wurde als nicht anwendungsgerecht verworfen.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	5.3 Vorspannkraft	5
2 Begriffe	2	5.4 Windlast	5

Anwenderinformation

Die Originalfassung der Norm enthält **Elemente, z.B. farbige Abbildungen oder Tabellen**, die in dieser gescannten Form der Norm nicht originalgetreu darstellbar sind. Dies muß bei der Anwendung berücksichtigt werden. Maßgebend für das Anwenden jeder DIN-Norm ist deren Originalfassung mit dem neuesten Ausgabedatum. Vergewissern Sie sich bitte in den DIN-Mitteilungen, im aktuellen DIN-Katalog mit dem neuesten Ergänzungsheft oder in der aktuellen Ausgabe der PERINORM.

bis 27

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Schornsteine aus Stahl

DIN
4133

Steel stacks
Cheminées en acier

Ersatz für Ausgabe 08.73

Diese Norm wurde im NABau-Fachbereich 02 Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB) ausgearbeitet.

Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken; dies gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe „...Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Zum Haupttext der Norm gehört ein Anhang A „Windlastannahmen“, der spezielle Regelungen für schwingungsanfällige Bauwerke (hier: Schornsteine aus Stahl) enthält, die nicht durch die z. Z. gültige Norm DIN 1055 Teil 4/08.86 „Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken“, abgedeckt sind. Entsprechende Anhänge, die aufeinander abgestimmt sind, jedoch auch bauarttypische Besonderheiten enthalten, sind DIN 1056/10.84 „Freistehende Schornsteine in Massivbauart; Berechnung und Ausführung“ DIN 4228/02.89 „Werkmäßig hergestellte Betonmaste“ und DIN 4131/11.91 „Antennentragwerke aus Stahl“ angefügt.

Ein Überführen der Anhänge in eine Ausgabe von DIN 1055 Teil 4, deren Anwendungsbereich auch schwingungsanfällige Bauwerke erfaßt, ist vorgesehen.

Bis zur Herausgabe einer entsprechenden Fassung von DIN 1055 Teil 4 ist die Windlast für Stahlschornsteine nach den im Anhang A angegebenen Verfahren zu berechnen.

Ein möglicher Querverweis auf die in anderen Anhängen schon vorliegenden Regelungen wurde als nicht anwendungsgerecht verworfen.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	5.3 Vorspannkraft	5
2 Begriffe	2	5.4 Windlast	5
2.1 Schornstein	2	5.5 Verkehrslast und Schneelast	5
2.2 Tragrohr	2	5.6 Eislast	5
2.3 Abgasführendes Rohr	2	5.7 Wärmeeinwirkung	5
2.4 Innenrohr	2	5.8 Planmäßiger Unter- und Überdruck	5
2.5 Einwandiger Schornstein	3	5.9 Lasten aus Bauzuständen	5
2.6 Doppelwandiger Schornstein	3	5.10 Änderungen der Stützbedingungen	5
2.7 Freistehender Schornstein	3	5.11 Erdbeben	5
2.8 Abgespannter Schornstein	3	5.12 Anprall	5
2.9 Abgestützter Schornstein	3	6 Ermittlung der Schnittgrößen	5
2.10 Auskleidung	3	6.1 Allgemeines	5
3 Bautechnische Unterlagen	3	6.2 Freistehende Schornsteine	6
3.1 Allgemeines	3	6.3 Abgespannte Schornsteine	6
3.2 Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse	3	6.3.1 Zu untersuchende Windrichtungen	6
3.3 Baubeschreibung	3	6.3.2 Näherung bei verschiedenen geneigten und verschiedenen langen Abspannseilen eines Abspannsternes	6
3.4 Standsicherheitsnachweis	3	6.3.3 Näherung bei abgespannten Schornsteinen bis 40 m Höhe	6
3.5 Zeichnungen	3	6.4 Gründung	6
4 Baustoffe	3	7 Bemessung	7
4.1 Allgemeines	3	7.1 Trag- und Innenrohr	7
4.2 Stähle	3	7.1.1 Tragsicherheitsnachweis	7
4.3 Stählerne Abspannseile	4	7.1.2 Beulsicherheitsnachweis	7
4.4 Verbindungsmittel	4	7.1.3 Betriebsfestigkeitsnachweis	7
4.5 Dämmstoffe	4	7.2 Gründung	7
4.6 Auskleidungen	5	7.2.1 Allgemeines	7
5 Einwirkungen	5	7.2.2 Fundament	7
5.1 Allgemeines	5	7.2.3 Standsicherheit	7
5.2 Eigenlast	5		

Fortsetzung Seite 2 bis 27

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin, gestattet.

	Seite
8 Konstruktion	7
8.1 Allgemeines	7
8.2 Mindestwanddicke	7
8.3 Tragrohr	8
8.3.1 Verbindungen	8
8.3.2 Öffnungen	8
8.4 Innenrohr	8
8.5 Auskleidungen	8
8.6 Abspannseile	8
8.6.1 Allgemeines	8
8.6.2 Seilklemmen	8
8.6.3 Seilverbindungen	8
8.7 Wärmedämmung	8
8.8 Gründung und Verankerung	8
8.9 Ausrüstung	8
8.9.1 Einrichtungen zum Besteigen	8
8.9.1.1 Allgemeines	8
8.9.1.2 Steigleitern	8
8.9.1.3 Sicherung gegen Absturz	8
8.9.2 Bühnen	9
8.9.2.1 Ruhebühnen	9
8.9.2.2 Standflächen und Laufstege	9
8.9.3 Flugsicherung	9
8.9.4 Blitzschutz- und Erdungsanlagen	9

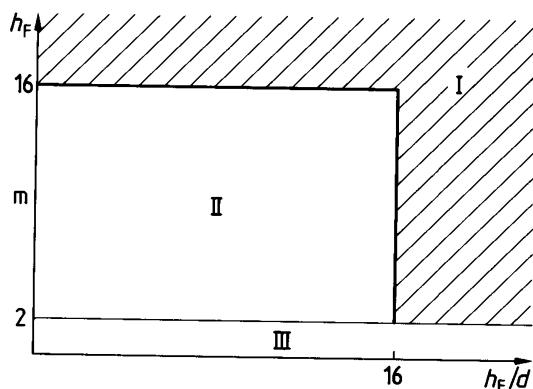
	Seite
9 Korrosionsschutz	9
9.1 Allgemeines	9
9.2 Chemische Einwirkung	9
9.2.1 Allgemeines	9
9.2.2 Einwirkung aufgrund von Schwefeloxiden	9
9.2.3 Einwirkung aufgrund von Chloriden und Fluoriden	9
9.3 Maßnahmen gegen Korrosion	9
9.3.1 Beschichtungen und Überzüge	9
9.3.2 Auskleidungen	10
9.3.3 Korrosionszuschlag zur Blechdicke	10
9.3.4 Wahl geeigneter nichtrostender Stähle	10
10 Ausführung	10
10.1 Allgemeines	10
10.2 Geschweißte Schornsteine aus Stahl	10
10.3 Einbringen der Vorspannkräfte	11
10.4 Korrosionsschutz	11
11 Zustandsüberwachung	11
Anhang A Windlastannahmen	12
Anhang B Betriebsfestigkeitsnachweis	21
Zitierte Normen und andere Unterlagen	26
Änderungen	27

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Nachweis der Standsicherheit und die Ausführung von im Freien stehenden freistehenden, abgespannten oder abgestützten Schornsteinen aus Stahl für die nachfolgend angegebenen Abmessungsbereiche (siehe Bild 1).

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 (vergleiche Abschnitt 7.1.3)
- dürfen bei Verwendung der in Tabelle 1 aufgeführten Stahlsorten St 37-2, USt 37-2, RSt 37-2 und St 37-3 auch von Betrieben hergestellt werden, die lediglich die Anforderungen des Kleinen Eignungsnachweises erfüllen (siehe Abschnitt 10.2)
- III werden durch diese Norm nicht erfaßt



h_F Höhe des Tragrohres über der untersten Auflagerung
 d mittlerer Außendurchmesser des Tragrohres

Bild 1. Anwendungsbereich

Diese Norm gilt nicht für Schornsteine in Gebäuden, mit Ausnahme von Schornsteinen mit definierter Feuerstätte (siehe Abschnitt 3.2) 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.

Anmerkung: Bei Schornsteinen mit größeren Abständen darf die Brauchbarkeit auch durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall nachgewiesen werden.

Für neben Gebäuden stehende Schornsteine gelten weitere Anforderungen nach DIN 18 160 Teil 1, z.B. hinsichtlich einzuhaltender Abstände und des Berührungsschutzes.

2 Begriffe

2.1 Schornstein

Schornsteine (Kamine) sind Bauwerke oder Teile von Bauwerken, die Abgase von Feuerstätten, andere Abgase, Zu- oder Fortluft führen.

2.2 Tragrohr

Das Tragrohr ist ein Bauteil, das die wesentlichen statischen Funktionen übernimmt.

2.3 Abgasführendes Rohr

Das abgasführende Rohr ist ein Bauteil, das die Abgase von Feuerstätten über die Schornsteinmündung ins Freie fördert.

2.4 Innenrohr

Das Innenrohr ist ein abgasführendes Rohr, das sich innerhalb eines Tragrohres befindet und das die übrigen Schornsteinteile vor thermischer und chemischer Beanspruchung schützt.

2.5 Einwandiger Schornstein

Ein Schornstein ist einwandig, wenn auch das Tragrohr abgasführendes Rohr ist; es kann wärmegeklämt und/oder ausgekleidet sein.

2.6 Doppelwandiger Schornstein

Ein Schornstein ist doppelwandig, wenn in einem Tragrohr ein oder mehrere Innenrohre angeordnet sind.

2.7 Freistehender Schornstein

Ein Schornstein ist freistehend, wenn sein Tragrohr nicht Bestandteil einer anderen Konstruktion ist.

2.8 Abgespannter Schornstein

Ein Schornstein ist abgespannt, wenn sein Tragrohr in mindestens einer Höhenlage durch Zugglieder gehalten wird.

2.9 Abgestützter Schornstein

Ein Schornstein ist abgestützt, wenn sein Tragrohr an mindestens einer Stelle an einem Gebäude oder an einer anderen Tragkonstruktion abgestützt ist.

2.10 Auskleidung

Die Auskleidung schützt das abgasführende Rohr vor thermischer und chemischer Beanspruchung sowie vor Abrieb.

3 Bautechnische Unterlagen

3.1 Allgemeines

Es gelten die Festlegungen in den allgemeinen Normen über Stahlbauten, insbesondere DIN 18 800 Teil 1 und Teil 7.

3.2 Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse

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

- Die planmäßigen Betriebsweisen der angeschlossenen Einrichtungen, z. B. intermittierender Betrieb, Dauerbetrieb;
- berücksichtigte Betriebsstörungen;
- die Abgasmassen- oder Abgasvolumenströme;
- die höchsten und niedrigsten Temperaturen der Abgase beim Eintritt in den Schornstein;
- die Zusammensetzung der Abgase;
- maßgebende Säuretaupunkte;
- Temperaturen der von den Abgasen berührten Flächen;
- maximale und minimale Strömungsgeschwindigkeit des Abgases;
- Druckverhältnisse im Schornstein.

3.3 Baubeschreibung

Angaben, die für die Bauausführung sowie für die Prüfung des Standsicherheitsnachweises und der Zeichnungen notwendig sind, die aber aus den Unterlagen nach den Abschnitten 3.4 und 3.5 nicht ohne weiteres entnommen werden können, müssen in einer Baubeschreibung enthalten sein. Dazu gehören insbesondere:

- die Angaben nach Abschnitt 3.2 a) bis e)
- eine Beschreibung des Montagevorgangs
- Angaben zur Entwurfslebensdauer bei Schornsteinen mit einem Zuschlag zur Blechdicke als Maßnahme gegen Korrosion.

3.4 Standsicherheitsnachweis

Im Standsicherheitsnachweis sind alle Lastannahmen und vorgesehenen Baustoffe anzugeben; er muß außerdem die Angaben des Abschnitts 3.2 f) bis i) enthalten. Falls erforderlich, ist ein Baugrundgutachten beizufügen. Die Nachweise sind für alle tragenden Bauteile in prüfbarer Form zu führen.

3.5 Zeichnungen

Hierzu gehören ergänzend zu den Anforderungen in DIN 18 800 Teil 1 und Teil 7:

- Übersichtszeichnungen mit Angaben über
 - die chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse nach Abschnitt 3.2 c) und d) sowie f) bis h)
 - 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
- Ausführungszeichnungen mit allen erforderlichen Angaben über die Baustoffe.

4 Baustoffe

4.1 Allgemeines

Es dürfen nur Baustoffe verwendet werden, die den technischen Baubestimmungen entsprechen.

Anmerkung: Die Verwendung anderer Baustoffe bedarf nach den bauaufsichtlichen Vorschriften eines besonderen Nachweises der Brauchbarkeit, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall.

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

4.2 Stähle

Es dürfen Stähle nach DIN 18 800 Teil 1 verwendet werden. Werden geschweißte oder kalt verformte tragende Konstruktionsteile feuerverzinkt, so ist beruhigter oder besonders beruhigter Stahl mit einem Siliciumanteil $Si \leq 0,03\%$ oder Si zwischen $0,15\%$ und $0,25\%$ zu verwenden.

Die Stähle nach DIN 17 155, DIN 17 175 und DIN 17 177, die Stahlsorten mit den Werkstoffnummern 1.4301, 1.4541, 1.4571 und 1.4435 nach DIN 17 440, DIN 17 441, DIN 17 455 und DIN 17 456 sowie mit den Werkstoffnummern 1.4539 und 1.4561 nach SEW 400, 6. Ausgabe 1991, bedürfen keiner weiteren Brauchbarkeitsnachweise (siehe aber Abschnitt 9.3.4). Ihre Werkstoffkennwerte sind mit einer Bescheinigung DIN 50 049 — 3.1 B (Abnahmeprüfzeugnis B) nachzuweisen.

Allgemeine Baustähle dürfen bis zu Temperaturen von 300°C , warmfeste Stähle bis 450°C , nichtrostende Stähle bis 550°C (siehe aber Abschnitt 9.3.4) 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	Stahlsorte/ Werkstoff- nummer	Streckgrenze $f_{y,k}$ in N/mm ² bei Temperaturen in °C *) von											
		20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Allgemeine Baustähle nach DIN EN 10 025, DIN 17 120 und DIN 17 121	St 37-2 U St 37-2 R St 37-2 St 37-3	240	240	190	175	160	140	120	—	—	—	—	—
	St 52-3	360	360	260	245	230	210	190	—	—	—	—	—
Warmfeste Stähle nach DIN 17 155, DIN 17 175 und DIN 17 177	H II 1.0425	265	265	245	225	205	185	155	140	130	125	—	—
	15 Mo 3 1.5415	270	270	250	238	225	205	180	170	160	155	—	—
Nichtrostende Stähle nach DIN 17 440, DIN 17 441, DIN 17 455 und DIN 17 456	1.4301	195	177	157	142	127	118	110	104	98	95	92	90
	1.4541	205	190	176	167	157	147	136	130	125	121	119	118
	1.4571	215	202	185	177	167	157	145	140	135	131	129	127
	1.4435	190	182	166	152	137	127	118	113	108	103	100	98
Nichtrostende Stähle nach SEW 400	1.4539	220	190	175	165	155	145	135	130	125	120	110	105
	1.4561	190	182	166	152	137	127	118	113	108	103	100	98

*) Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

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

Werkstoff		E-Modul in N/mm ² bei Temperaturen in °C *) von						
		20	100	200	300	400	450	500
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) **)	200 000	194 000	186 000	179 000	172 000	168 500	165 000

*) Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.
**) Zur Ermittlung von Zwängungsschnittgrößen.

Tabelle 3. Als charakteristische Werte für die Wärmedehnzahl α_T festgelegte Werte

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

4.3 Stählerne Abspannseile

Es dürfen Werkstoffe nach DIN 18 800 Teil 1 verwendet werden.

4.4 Verbindungsmittel

Für Verbindungsmittel gilt DIN 18 800 Teil 1.

4.5 Dämmstoffe

Dämmstoffe müssen strukturfest und nichtbrennbar (Baustoffklasse A1 nach DIN 4102 Teil 1) 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.

4.6 Auskleidungen

Die Eignung der Baustoffe für Auskleidungen muß nachgewiesen werden.

Für gemauerte Auskleidungen dürfen Baustoffe ohne Eignungsnachweis verwendet werden, wenn sie für Futter in Schornsteinen in Massivbauart nach DIN 1056 zulässig sind.

5 Einwirkungen

5.1 Allgemeines

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

Ständige Einwirkungen sind

- Eigenlast,
- Vorspannkraft.

Veränderliche Einwirkungen sind

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

Zu den außergewöhnlichen Einwirkungen gehören

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

5.2 Eigenlast

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

5.3 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.

5.4 Windlast

Die Windlast ist nach Anhang A zu berechnen.

5.5 Verkehrslast und Schneelast

Auf Podesten und Laufstegen ist eine gleichmäßig verteilte Verkehrslast von 2 kN/m², die Schnee einschließt, anzunehmen.

Mit einer Einzellast von 3 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 kN/m anzunehmen.

5.6 Eislast

Die Eislast ist nach DIN 1055 Teil 5 anzusetzen.

5.7 Wärmeeinwirkung

Die Wandtemperaturen des wärmegeprägten abgasführenden Rohres und des Tragrohres sind zu ermitteln, z.B. nach DIN 4705 Teil 1. Vereinfacht darf dabei mit folgenden Wärmeübergangskoeffizienten gerechnet werden:

$$\alpha_i = 8 + v \text{ in W/(m}^2 \cdot \text{K)}. \quad (1)$$

$$\alpha_a = 24 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

- α_i innerer Wärmeübergangskoeffizient
- α_a äußerer Wärmeübergangskoeffizient
- v mittlere Abgasgeschwindigkeit in m/s

Bei keramischen Auskleidungen ist DIN 1056 zu beachten.

Ungleichmäßige Wärmeeinwirkungen aus betrieblichen und meteorologischen Bedingungen sind zu berücksichtigen. 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°C auszugehen.

5.8 Planmäßiger Unter- und Überdruck

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

5.9 Lasten aus Bauzuständen

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

5.10 Änderungen der Stützbedingungen

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

5.11 Erdbeben

Für die Lastannahmen zur Berücksichtigung der Erdbebenwirkung gilt DIN 4149 Teil 1; Schornsteine sind dabei in die Bauwerksklasse 2 nach DIN 4149 Teil 1 einzuordnen.

Lasten aus Wind und Erdbeben brauchen nicht gemeinsam in Rechnung gestellt zu werden.

5.12 Anprall

Anpralllasten sind gegebenenfalls DIN 1055 Teil 3 zu entnehmen.

6 Ermittlung der Schnittgrößen

6.1 Allgemeines

Die Schnittgrößen sind mit den nach Abschnitt 5 anzusetzenden Einwirkungen für die beiden folgenden Kombinationen zu ermitteln:

- Grundkombination (ständige und veränderliche Einwirkungen)
- außergewöhnliche Kombination (ständige, veränderliche und eine außergewöhnliche Einwirkung)

Dabei sind die Einwirkungen mit folgenden γ_F -Werten zu vervielfachen:

- in der Grundkombination
 - die Eigenlast
 - mit $\gamma_F = 1,35$, wenn sie ungünstig wirkt, oder
 - mit $\gamma_F = 1,0$, wenn sie günstig wirkt
 - die Vorspannkraft mit $\gamma_F = 1,0$
 - alle anderen Einwirkungen mit $\gamma_F = 1,5$
- in der außergewöhnlichen Kombination
 - alle Einwirkungen mit $\gamma_F = 1,0$

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 Bedingung (3) erfüllt ist. Dabei dürfen Öffnungen im Tragrohr vernachlässigt werden, wenn die Anforderungen nach Abschnitt 8.3.2 eingehalten sind.

$$\frac{l}{r} \geq 0,14 \cdot \frac{r}{t} + 10 \quad (3)$$

Hierin bedeuten:

- l maßgebende Länge des Tragrohrs (Kraglänge oder Abstand der Abspannpunkte)
- r mittlerer Radius des Tragrohrs
- t mittlere Wanddicke des Tragrohrs

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.

6.2 Freistehende Schornsteine

Bei freistehenden Schornsteinen dürfen die Momente nach Theorie II. Ordnung vereinfachend nach Gleichung (4) berechnet werden, wenn

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

$$M^{II} = M^I \left(1 + \frac{\varepsilon^2}{8} \right) \quad (4)$$

Hierin bedeuten:

- M^{II} Moment nach Theorie II. Ordnung
- M^I Moment nach Theorie I. Ordnung

$$\varepsilon = h_F \cdot \sqrt{\frac{N_0}{E \cdot I_0}} \quad (5)$$

- h_F Höhe des Tragrohrs über der Auflagerung
- N_0 Längskraft am Einspannquerschnitt
- $E \cdot I_0$ Biegesteifigkeit des Einspannquerschnitts

6.3 Abgespannte Schornsteine

6.3.1 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.

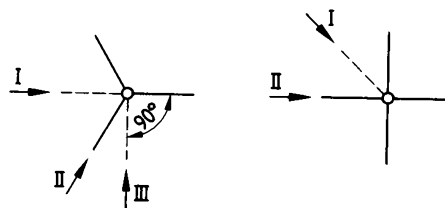


Bild 2. Zu untersuchende Windrichtungen bei abgespannten Schornsteinen

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

6.3.2 Näherung bei verschiedenen geneigten und verschiedenen langen Abspannseilen eines Abspannsternes

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.

6.3.3 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 18 800 Teil 2 darf ein Ersatzstab zugrunde gelegt werden, dessen Knicklänge gleich dem 1,2fachen Abstand der Abspannpunkte ist.

6.4 Gründung

Die auf die Gründung einwirkenden Schnittgrößen sind für den Gebrauchszustand, d.h. mit $\gamma_F = 1,0$ zu ermitteln.

Sie dürfen für die Grundkombination näherungsweise wie folgt ermittelt werden:

$$S = \frac{S_\gamma - S_0}{1,5} + S_0 \quad (6)$$

Hierin bedeuten:

- S auf die Gründung einwirkende Schnittgröße im Gebrauchszustand
- S_γ Schnittgröße unter γ_F -fachen Einwirkungen
- S_0 Schnittgröße infolge Vorspannung bei abgespannten Systemen

Bodenpressung, Pfahlkräfte und Fundamentschnittgrößen sind für die einwirkenden maximalen Momente und Querkkräfte sowie die minimalen und maximalen Längskräfte nachzuweisen.

7 Bemessung

7.1 Trag- und Innenrohr

7.1.1 Tragsicherheitsnachweis

Der Tragsicherheitsnachweis ist, sofern im folgenden nichts anderes bestimmt ist, nach DIN 18 800 Teil 1 zu führen. Er muß sicherstellen, daß die nach Abschnitt 6 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 18 800 Teil 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 18 800 Teil 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 Abschnitt 8.3.2 erforderlich.

7.1.2 Beulsicherheitsnachweis

Der Beulsicherheitsnachweis ist nach DIN 18 800 Teil 4 zu führen.

Für Innenrohre von doppelwandigen Schornsteinen aus Stahl ist ein Beulsicherheitsnachweis nur für die Beanspruchung aus Unterdruck erforderlich. Axialspannungen aus Eigenlast im Innenrohr brauchen im allgemeinen nicht berücksichtigt zu werden.

7.1.3 Betriebsfestigkeitsnachweis

Der Betriebsfestigkeitsnachweis ist nur erforderlich für die durch Querschwingungen des Bauwerks verursachten Schwingungsbeanspruchungen (siehe Abschnitt A.2.2.1); 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 über 100°C ausgesetzt, dann sind die zulässigen Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma_T$ nach Gleichung (7) zu ermitteln.

$$\Delta\sigma_T = \frac{1300 - T}{1200} \cdot \Delta\sigma \quad (7)$$

$$100^\circ\text{C} \leq T \leq 500^\circ\text{C}$$

Hierin bedeuten:

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

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

7.2 Gründung

7.2.1 Allgemeines

Die Gründung ist mit den nach Abschnitt 6.4 ermittelten Schnittgrößen im Gebrauchszustand nachzuweisen. Die Schnittgrößen aus der Querschwingungsuntersuchung (siehe Abschnitt A.2.2.1) sind als statische Belastung bis in die Bodenfuge zu verfolgen.

7.2.2 Fundament

Für die Bemessung des Stahlbetonfundamentes gilt DIN 1045.

7.2.3 Standsicherheit

Für den Nachweis der Standsicherheit gilt DIN 1054. Abweichend hiervon darf bei Flachgründungen unter Einwirkung von Eigenlast und Windlast keine klaffende Fuge auftreten.

Beim Nachweis der Grundbruchsicherheit braucht eine zusätzliche Schiefstellung nach DIN 1054/11.76, Abschnitt 4.1.3.2, vierter Absatz, nicht in Rechnung gestellt zu werden. Auf den Nachweis der Grundbruchsicherheit darf verzichtet werden, wenn zulässige Bodenpressungen entweder nach DIN 1054/11.76, Abschnitte 4.2 oder 4.3, oder aufgrund von Baugrundgutachten angegeben werden können.

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.

8 Konstruktion

8.1 Allgemeines

Für die konstruktive Ausbildung der Einzelteile und der Verbindungen gilt DIN 18 800 Teil 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.

8.2 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 Brauchbarkeit, z.B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall, erbracht wird.

Für Bauwerksflächen, die mit den abzuführenden Stoffen in Berührung kommen, siehe Abschnitt 9.

8.3 Tragrohr

8.3.1 Verbindungen

Schraubenverbindungen tragender Teile, für die ein Betriebsfestigkeitsnachweis nach Abschnitt 7.1.3 zu führen ist, dürfen nur als planmäßig vorgespannte Verbindungen ausgeführt werden. Diese Einschränkung gilt nicht für Ankerschrauben.

In Schraubenverbindungen ohne planmäßige Vorspannung nach DIN 18 800 Teil 1 und bei Ankerschrauben müssen die Muttern gegen Lockern gesichert werden.

8.3.2 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.

8.4 Innenrohr

Die Stöße von Innenrohren sind gasdicht auszubilden.

8.5 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.

8.6 Abspannseile

8.6.1 Allgemeines

Für Seile und ihre Endverankerungen gilt DIN 18 800 Teil 1.

Um Torsionszwängungen klein zu halten, sind drehungsarme Seile zu bevorzugen.

8.6.2 Seilklemmen

Werden Seilklemmen nach DIN 1142 verwendet, so ist DIN 18 800 Teil 1/11.90, Abschnitt 5.3.2 zu beachten. Weiterhin sind die Muttern nach Aufbringen der Vorspannkraft nochmals nachzuziehen und die Anziehungsmomente gegenüber DIN 1142/01.82, Tabelle 2, um 10 % zu erhöhen.

8.6.3 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.

8.7 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.

8.8 Gründung und Verankerung

Für die Ausführung von Betonfundamenten gilt DIN 1045. Der Gründungskörper ist vor thermischen und chemischen Einflüssen zu schützen. Bei betonschädlichen Wässern und Böden siehe DIN 4030 Teil 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. 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.

8.9 Ausrüstung

8.9.1 Einrichtungen zum Besteigen

8.9.1.1 Allgemeines

Schornsteine mit mehr als 5 m Höhe müssen mit Steigleitern und Einrichtungen zum Schutz gegen Absturz von Personen ausgerüstet sein.

Bei Schornsteinen mit begehbarem Raum zwischen Trag- und Innenrohr ist eine weitere Steigleiter auf der Innenseite des Tragrohres einzubauen. Im Innern von rauchgasführenden Rohren darf keine Steigleiter angebracht werden.

Die äußere Steigleiter muß etwa 4 m über dem Erdboden oder 1 m über Dach beginnen. Bei jeder Steigleiter muß der Abstand der Sprossen bis zur Mündung gleich bleiben.

8.9.1.2 Steigleitern

Steigleitern müssen eine Auftrittsweite von mindestens 2×150 mm aufweisen. Der Durchmesser von Rundsprossen muß mindestens 22 mm betragen. Ansonsten gilt VBG 74.

Beim Durchstieg durch Bühnen muß die Durchstiegsfläche zwischen Vorderkante Sprosse und den umgebenden Bauteilen mindestens der des Rückenschutzkorbes nach DIN 24 532 entsprechen.

8.9.1.3 Sicherung gegen Absturz

Als Einrichtungen zum Schutz gegen Absturz sind Vorrichtungen zum Einsetzen zwangsläufig wirkender Sicherheitsgeschirre (Steigschutz) nach DIN 32 770 vorzusehen.