

DIN EN 13084-1



ICS 91.060.40

Einsprüche bis 2023-08-23
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13084-1:2007-05

Entwurf

**Freistehende Schornsteine –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13084-1:2023**

Free-standing chimneys –
Part 1: General requirements;
German and English version prEN 13084-1:2023

Cheminées auto-portantes –
Partie 1: Exigences générales;
Version allemande et anglaise prEN 13084-1:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-06-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 94 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13084-1:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-11-37 AA „Industrieschornsteine (SpA zu CEN/TC 297)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13084-1:2007-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung der Begriffe und Definitionen;
- b) Ergänzung eines Unterabschnittes für das Verbindungsstück;
- c) ergänzende Informationen über Zugangssysteme/Besteigeinrichtungen;
- d) neuer informativer Anhang B „Berechnungsmethode für kombinierte Rauchgase mit unterschiedlichen Temperaturen“.

Freistehende Schornsteine – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Free-standing chimneys – Part 1: General requirements

Cheminées auto-portantes – Partie 1: Exigences générales

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Allgemeine Anforderungen	9
4.1 Baustoffe	9
4.2 Abgas	9
4.2.1 Allgemeines	9
4.2.2 Entwurfsparameter	9
4.2.3 Wärmetechnische Berechnungen	10
4.2.4 Strömungstechnische Berechnungen	12
4.2.5 Chemische Beanspruchung	13
4.3 Einflüsse auf die Umwelt	15
4.3.1 Dispergierung der Schadstoffe	15
4.3.2 Schall	15
4.3.3 Temperatur	16
4.3.4 Brand	16
4.3.5 Gasdichtheit	16
4.4 Verbindungsstück	16
4.5 Wärmedämmung	17
4.6 Belüftung	18
4.7 Schutzschichten	18
4.8 Gründung	18
4.9 Ausrüstung	18
4.9.1 Besteigeinrichtungen	18
4.9.2 Blitzschutz	19
4.9.3 Flugsicherungssystem	20
4.9.4 Zusätzliche Ausrüstungen	20
5 Anforderungen an die Berechnung und Bemessung	21
5.1 Grundlegende Berechnungsannahmen	21
5.2 Einwirkungen	21
5.2.1 Allgemeines	21
5.2.2 Ständige Einwirkungen	22
5.2.3 Veränderliche Einwirkungen	22
5.2.4 Außergewöhnliche Einwirkungen	24
5.3 Imperfektionen	25
5.4 Gründung	25
5.5 Innenrohr	25
6 Tätigkeiten auf der Baustelle	25
7 Lebenszeitmanagement, Überwachung, Inspektion, Wartung, Reinigung, Reparatur und Sanierungsmaßnahmen einschließlich Dokumentation; notwendige Maßnahmen und Verfahren	25
8 Messeinrichtungen	25
Anhang A (normativ) Strömungstechnische Berechnung	27
A.1 Grundzüge des Berechnungsverfahrens	27
A.2 Bauartkennwerte	27
A.2.1 Rauigkeit	27
A.2.2 Wärmedurchlasswiderstand	27
A.3 Grundwerte für die Berechnung	27
A.3.1 Lufttemperaturen	27
A.3.2 Außenluftdruck	28

A.3.3	Abgas	28
A.3.4	Gaskonstante	29
A.3.5	Dichte der Außenluft	29
A.3.6	Spezifische Wärmekapazität	30
A.3.7	Korrekturfaktor für Temperatur	30
A.3.8	Strömungstechnische Sicherheitszahl	30
A.4	Ermittlung der Temperaturen	31
A.4.1	Abgastemperaturen	31
A.4.2	Abkühlzahl	31
A.4.3	Wärmedurchgangszahl	31
A.4.4	Wärmeübergangskoeffizient, innen	32
A.5	Dichte des Abgases	34
A.6	Abgasgeschwindigkeit	34
A.7	Druck an der Abgaseinführung in den Schornstein	34
A.7.1	Berechnung des Druckes	34
A.7.2	Ruhedruck	34
A.7.3	Widerstandsdruck im Abgas führenden Rohr	35
A.7.4	Rohrreibungszahl	35
A.7.5	Einzelwiderstandszahlen	36
A.7.6	Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung	36
A.7.7	Durch plötzliche Unterbrechung des Abgasstromes hervorgerufener Druck (Implosion)	36
A.8	Mindestgeschwindigkeit	37
Anhang B (informativ)	Berechnungsverfahren für kombinierte Rauchgase mit verschiedenen Temperaturen	42
Literaturhinweise		45

Bilder

Bild 1 — Säuretaupunkttemperatur, T_{ADP} , von Abgasen, die Wasserdampf (H_2O) und Schwefeltrioxid (SO_3) enthalten	14
Bild B.1 — Schwankung der Temperaturdifferenz über die Innenrohrhöhe	42

Tabellen

Tabelle 1 — Indikative Wärmeleitfähigkeitswerte für Baumaterialien	11
Tabelle 2 — Wärmeübergangskoeffizienten ^a	12
Tabelle 3 — Chemische Beanspruchung durch Abgase mit einem SO_3 -Gehalt von 50 mg/m ³	14
Tabelle A.1 — Gasdaten	28
Tabelle A.2 — Gasdaten für verschiedene Brennstoffe	29
Tabelle A.3 — Mittlere Rauigkeit der Baustoffe von Innenrohren	37
Tabelle A.4 — Einzelwiderstandszahlen für einige Formen (Interpolationen zwischen den angegebenen Parametern sind zulässig)	38
Tabelle A.5 — Wärmedurchlasswiderstand $(1/A)_n$ in m ² K/W, von ruhenden Luftschichten (n -te Schicht des Wandaufbaus, konzentrischer Luftspalt, vertikal angeordnet), abhängig von der Schichtdicke d und der Oberflächentemperatur T der Wärme abgebenden Wand	40
Tabelle B.1 — Korrekturparameter für die Wärmeübertragung A	43
Tabelle B.2 — Volumenparameter B	44
Tabelle B.3 — Schachtbreitenparameter K	44

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13084-1:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur formellen Abstimmung vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13084-1:2000 ersetzen.

Das vorliegende Dokument ist Teil 1 des im Folgenden aufgeführten Normenpaketes:

- EN 13084-1, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- EN 13084-2, *Freistehende Schornsteine — Teil 2: Betonschornsteine*
- EN 13084-4, *Freistehende Schornsteine — Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Entwurf, Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-5, *Freistehende Schornsteine — Teil 5: Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen*
- EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl*
- EN 13084-8, *Freistehende Schornsteine — Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen*
- EN 13084-9, *Freistehende Industrieschornsteine — Teil 9: Lebensdauermanagement — Überwachung, Inspektion, Wartung, Sanierungsmaßnahmen und Dokumentation; Notwenige Maßnahmen und Verfahren*

Zusätzlich gilt:

- EN 1993-3-2:2006, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine*

Im Vergleich zur Vorgängerausgabe EN 13084-1:2000 umfasst die derzeitige Ausgabe prEN 13084-1:2023 Folgendes:

- Neuorganisation der Begriffe;
- Ergänzung eines Abschnitts zu Verbindungsstücken;
- zusätzliche Informationen zu Besteigeinrichtungen;
- neuer informativer Anhang B „Berechnungsverfahren für kombinierte Rauchgase mit verschiedenen Temperaturen“.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument behandelt die allgemeinen Anforderungen und die Grundkriterien für Entwurf, Berechnung und Konstruktion aller Arten von freistehenden Abgasanlagen, einschließlich deren Innenrohre.

Dieses Dokument ist auch anwendbar auf mit Gebäuden verbundene Schornsteine, wenn mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllt wird:

- der Abstand zwischen den seitlichen Führungen ist größer als 4 m;
- die freistehende Höhe über der obersten statisch wirksamen Abstützung ist größer als 3 m;
- die freistehende Höhe über der obersten statisch wirksamen Abstützung bei Schornsteinen mit einem rechtwinkligen Querschnitt beträgt mehr als das Fünffache des kleinsten Außenmaßes.

Bei der Bemessung von freistehenden Abgasanlagen werden die Betriebsbedingungen und sonstige Einwirkungen berücksichtigt, um die mechanische Festigkeit, Standsicherheit und Nutzungssicherheit nachzuweisen. Detaillierte Anforderungen bezüglich der einzelnen Konstruktionsarten werden in den Normen für Betonschornsteine, Stahlschornsteine und deren Innenrohre sowie Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen gegeben.

Regeln für die Verwendung von System-Abgasanlagenprodukten nach EN 1443 (und der damit verbundenen Produktnormen) in freistehenden Abgasanlagen werden in anderen Teilen von EN 13084 angegeben.

Dieses Dokument ist nicht anwendbar auf die Bemessung und Konstruktion von Verbindungsstücken.

2 Normative Verweisungen

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

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

EN 1991-1-4:2005, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*

EN 1998-6, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

Schornstein

Abgasanlage

aus einer oder mehreren Wänden bestehende vertikale Struktur, die ein oder mehrere Innenrohre umschließt. Diese dienen dazu, Luft oder Verbrennungsprodukte auf einer bestimmten Höhe über dem Boden nach draußen zu befördern, die so festgelegt wurde, dass die Dispergierung der Schadstoffe sichergestellt ist, um schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu verhindern, zu vermeiden oder zu senken

3.1.2

freistehende Abgasanlage

freistehender Schornstein (Syn.)

Schornstein, der so bemessen und gefertigt ist, dass er selbsttragend ist und anderen Betriebsbedingungen wie Wind, Oszillationen, Schwingungen usw. standhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Schornstein darf auch dann als freistehend betrachtet werden, wenn er abgespannt oder seitlich abgestützt ist oder auf einem anderen Bauwerk steht.

3.1.3

abgespannter Schornstein

Schornstein, dessen Standsicherheit durch Abspannseile sichergestellt ist

3.1.4

Betonschornstein

Schornstein mit einem Tragrohr aus Beton

3.1.5

Stahlschornstein

Schornstein mit einem Tragrohr aus Stahl

3.1.6

Mauerwerkschornstein

Schornstein mit einem Tragrohr aus Mauerwerk

3.1.7

einwandiger Schornstein

Schornstein, dessen konstruktive Schale auch die Rauchgase leitet. Er darf mit einer Wärmedämmung und/oder einer Innenverkleidung ausgestattet sein

3.1.8

doppelwandiger Schornstein

Schornstein, der aus einer äußeren konstruktiven Schale aus Stahl und einem Innenrohr zur Leitung der Rauchgase besteht

3.1.9

mehrzügiger Schornstein

Gruppe aus zwei oder mehr baulich miteinander verbundenen Schornsteinen oder eine Gruppe von zwei oder mehr Innenrohren innerhalb einer konstruktiven Schale

3.1.10

wirksame Schornsteinhöhe

vertikaler Abstand zwischen der Einlass- (Mittelachse) und der Auslassebene des Schornsteins

3.2 Begriffe für Schornsteinteile

3.2.1

Tragrohr

konstruktive Schale für tragende Zwecke, die die Abgasführung gegen Windwirkungen schützt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Tragrohr kann auch als Abgasführung wirken.

3.2.2

konstruktive Schale

lasttragendes Haupt-Stahltragwerk der Schalenkonstruktion, abzüglich der Flansche

3.2.3

Mast

strukturelle Stahlkonstruktion, die so ausgelegt und gefertigt wurde, dass sie selbsttragend und/oder freistehend ist und die angehängten Abgasanlagen stützt

3.2.4

Innenrohrkonstruktion

Gesamtsystem, falls vorhanden, das die Abgase vom Tragrohr trennt

Anmerkung 1 zum Begriff: Darin enthalten sind ein Innenrohr und dessen Abstützungen, der Raum zwischen Innenrohr und Tragrohr und gegebenenfalls die Wärmedämmung.

3.2.5

Innenrohr

Bauteil (Membran) der in der konstruktiven Schale enthaltenen Innenrohrkonstruktion

3.2.6

seitliche Führung

Komponente eines Schornsteins oder eines Verbindungsstücks, die zur Befestigung an einem tragenden Bauteil (Gebäude, Mast, Tragrohr usw.) verwendet wird, um seitlichen Belastungen (z. B. der Windlast) standzuhalten

3.2.7

begehrbarer Zwischenraum

Raum zwischen Tragrohr und Innenrohr für den Zugang von Personen

3.2.8

Verbindungsstück

Komponente(n) zur Verbindung des Auslasses der Feuerstätte mit dem Schornstein

3.2.9

Verkleidung

zusätzliche, die Abgasanlage und/oder das Innenrohr umschließende, nichttragende Außenschale zur Verringerung der Wärmeabgabe und/oder zum Schutz vor Witterungseinflüssen und/oder für dekorative Zwecke

3.2.10

Beschichtung

Lackierung oder andere Oberflächenbehandlung zum Schutz der Außenfläche eines Innenrohres oder Schornsteins vor atmosphärischer Korrosion und/oder Abwind an der Feuerplume

3.2.11

Wärmedämmung

Werkstoff und/oder Luftspalt zwischen Innenrohr und Außenschale zur Erhöhung des Wärmedurchlasswiderstands der Abgasanlage, Kondensatreduzierung und Verbesserung des Auftriebs

3.2.12

Luftleitblech

Einrichtung auf der Außenseite eines Schornsteines, die den Zweck hat, die winderregten Querschwingungen zu verringern

3.2.13

Schutzabdeckung

Abdeckung an der Mündung des Schornsteins, die das obere Ende des Betontragrohrs und des Innenrohrs abdeckt

3.2.14

Steigedübel

Gewindehülsen (Dübel), die zur Befestigung von Steighilfen in das Betontragrohr eingelassen sind

3.3 Begriffe für den Betrieb

3.3.1

Einlass

Stelle, an der Gase in den Schornstein einströmen

3.3.2

Auslass

Oberseite des Schornsteins, an der Rauchgase in die Atmosphäre abgegeben werden

3.3.3

Abgas

gasförmige Produkte aus Verbrennungsvorgängen oder anderer Prozesse, inklusive Luft, welche flüssige oder feste Bestandteile enthalten können

3.3.4

Gasdichtheit

Fähigkeit des Innenrohres, das Austreten von Rauch/Abgasen unter der Auslassebene aus dem Innenrohr in den Schornstein oder die Außenatmosphäre zu verhindern

3.3.5

Überdruck

Druck innerhalb des Innenrohres höher als der Druck außerhalb des Innenrohres

3.3.6

Unterdruck

Druck innerhalb des Innenrohres niedriger als der Druck außerhalb des Innenrohres

3.3.7

Strömungswiderstand

Druckverlust in einem Abgasweg oder einem Verbrennungskreis, verursacht durch die Abgas- und/oder Verbrennungsluftströmung bei einer angegebenen Temperatur und Geschwindigkeit

3.3.8

Einzelwiderstandszahl

dimensionslose Menge, die den Strömungswiderstand eines Ereignisses oder eines Ausrüstungsteils an der Abgasleitung festlegt

3.3.9

Wärmedurchlasswiderstand

Widerstand gegen Wärmedurchgang von der Innenseite zur Außenseite der Abgasanlage

3.3.10

Temperaturschockbeständigkeit

Fähigkeit des Schornsteins und/oder Innenrohres, plötzlichen Temperaturschwankungen während des Aufwärmens oder Abkühlens standzuhalten

3.3.11

stationäre Wärmeströmung

Wärmeströmung, bei der sich die Temperaturen an keinem Punkt zeitabhängig ändern

3.3.12

instationäre Wärmeströmung

Wärmeströmung, bei der sich die Temperaturen zeitabhängig ändern

3.3.13

mittlere Rauigkeit

mittlere Oberflächenrauigkeit des Innenrohres oder der Komponente

3.3.14

Abwärtssog

Unterdruck auf der Leeseite der Schornsteinmündung, durch den die Abgase nach unten gezogen werden kann

3.3.15

Gasstrom

Gasmasse oder -volumen durch das Innenrohr je Zeiteinheit

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Baustoffe

Baustoffe müssen den einschlägigen CEN- oder ISO-Normen entsprechen. Wo keine derartige Norm vorhanden ist, dürfen andere Baustoffe verwendet werden, wenn ihre Eigenschaften einwandfrei definiert sind und ihre Eignung nachgewiesen ist. Dieser Nachweis muss die mechanischen, thermischen und chemischen Einwirkungen berücksichtigen.

Für Beton- und Stahlschornsteine sowie für Innenrohrkonstruktionen siehe EN 13084-2, EN 13084-4, EN 13084-5, EN 13084-6, EN 13084-7, EN 13084-8 und EN 1993-3-2:2006.

4.2 Abgas

4.2.1 Allgemeines

Thermische und strömungstechnische Berechnungen müssen vorgenommen werden, um sicherzustellen, dass die Abgase von der Feuerstätte in die Atmosphäre geführt werden, wobei die Auswirkungen der Abgase auf die Umwelt und die Nutzungssicherheit zu berücksichtigen sind. Die Auswirkungen von Abgasen hinsichtlich der Umweltverschmutzung mit gas- und partikelförmigen Teilchen sind jedoch nicht Gegenstand des vorliegenden Dokuments.

4.2.2 Entwurfsparameter

Um diese Berechnungen durchführen zu können, sind Entwurfsparameter, wie sie in 4.2.2 angegeben werden, erforderlich. Diese gelten auch für die Beurteilung der chemischen Beanspruchung der Bauteile, die mit den Abgasen in Berührung kommen.

Die folgenden, auf während der Entwurfsphase angegebenen Informationen basierenden Entwurfsparameter müssen die verschiedenen Betriebsbedingungen bei üblichen und definierten außergewöhnlichen Bedingungen berücksichtigen:

- a) Art des Schornsteinbetriebes, ob durchgehend, intermittierend oder gelegentlich;
- b) geplante Häufigkeit von Abschaltungen für Inspektionen im Innern und Instandhaltung;
- c) Zusammensetzung der Abgase und Konzentrationen von für den Schornstein schädlichen Chemikalien in den Abgasen;
- d) Konzentration von Staub und besonders von aggressivem Staub im Abgas;
- e) Massenstrom jedes Abgasstromes;
- f) Abgastemperatur an der Einführung jedes Zuges in den Schornstein;
- g) Bereich der maximalen Säuretaupunkttemperaturen der Abgase;
- h) zulässiger oder erforderlicher Druck an der Einführung der Züge in den Schornstein;
- i) Höhenlage des Standortes und besondere örtliche topographische Merkmale (Berge in der Umgebung, Klippen usw.);
- j) maximale, mittlere und minimale Außentemperatur;
- k) maximaler, mittlerer und minimaler atmosphärischer Druck;
- l) maximale, mittlere und minimale Feuchte der Umgebungsluft;
- m) wichtige Entwurfsparameter der Einrichtungen (z. B. Kessel), an die der Schornstein angeschlossen ist.

4.2.3 Wärmetechnische Berechnungen

Die Temperaturen im Abgas führenden Rohr, in den Wärmedämmschichten und im Tragrohr sind zu bestimmen. Der Temperaturabfall des Abgases auf dem Weg vom Eintritt bis zur Schornsteinmündung ist zu berechnen.

Die Berechnung könnte in Übereinstimmung mit Anhang A oder EN 13384-1 erfolgen, vorausgesetzt, dass in beiden Fällen die Implosion und die Mindestgeschwindigkeit berücksichtigt werden.

Werte für Wärmeleitfähigkeit und Wärmeübergangskoeffizienten dürfen aus Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 entnommen werden. Werte für Materialien, die in diesen Tabellen nicht enthalten sind, oder Werte, die von den angegebenen Werten abweichen, dürfen verwendet werden, wenn sie nachgewiesen sind.

Tabelle 1 — Indikative Wärmeleitfähigkeitswerte für Baumaterialien

Material	Bezeichnung	Dichte ρ kg/m ³	Temperatur T °C	Wärmeleitfähigkeit λ W/(m·K)
Beton		2 400		2,1
Leichtbeton		1 000		0,47
		1 200		0,59
		1 400		0,72
		1 600		0,87
		1 800		0,99
		2 000		1,20
Mauerwerk		1 800		0,81
		2 000		0,96
		2 200		1,00
Säurefestes Mauerwerk				1,2
Mauerwerk aus Kieselgursteinen		800	200	0,18
			400	0,19
			600	0,21
		500 ^a	200	0,09
			400	0,10
			600	0,11
Schaumglas		130	20	0,05
			200	0,09
			300	0,12
Baustahl und wetterfester Baustahl		7 850		60
Nichtrostender Stahl	X5CrNi18-10 (1.4301)	7 900		15
	X2CrNi 18-9 (1.4307)	7 900		15
	X2CrNiMoN 22-5-3	7 800		14
	X2CrTiNb 18 (1.4509)	7 700		25
	X6CrNiTi18-10 (1.4541)	7 900		15
	X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)	7 980		15
	X2CrNiMo17-12-2 (1.4404)	7 980		15
	X2CrNiMo18-14-3 (1.4435)	7 980		15
	X1NiCrMoCu25-20-5 (1.4539)	8 050		13

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Material	Bezeichnung	Dichte ρ kg/m ³	Temperatur T °C	Wärmeleitfähigkeit λ W/(m·K)
Wo keine Werte für Dichte und Temperatur angegeben sind, darf die Wärmeleitfähigkeit λ als von diesen Parametern unabhängig betrachtet werden.				
ANMERKUNG Die Temperatur T ist die Durchschnittstemperatur des Materials. Es kann davon ausgegangen werden, dass $T = (\text{Temperatur der Innenwand} + \text{Temperatur der Außenwand})/2$.				
^a Ist nur als Isolierung zu verwenden.				

Tabelle 2 — Wärmeübergangskoeffizienten^a

Zone	Wärmeübergangskoeffizient α W/(m ² ·K)
Innere Innenrohroberfläche	$8 + w^b$
Im Falle eines begehbaren Zwischenraumes zwischen Tragrohr und Innenrohr: — äußere Innenrohroberfläche; — innere Tragrohroberfläche.	8 8
Im Falle eines nicht begehbaren Zwischenraumes zwischen Tragrohr und Innenrohr: — äußere Innenrohroberfläche: — Temperatur > 80 °C; — Temperatur ≤ 80 °C; — innere Tragrohroberfläche.	20 12 8
Äußere Innenrohroberfläche	24 ^c
^a Diese Werte sind Näherungswerte, die zu ausreichend zuverlässigen Ergebnissen für Abgas führende Rohre mit einem Innendurchmesser von mehr als 1 m führen.	
^b w ist die mittlere Abgasgeschwindigkeit in m/s. Eine detaillierte Berechnung von α ist im Anhang A angegeben.	
^c Für den Nachweis der Eignung der Baustoffe im Hinblick auf Wärmebeständigkeit ist ein Wert $\alpha = 6 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ anzunehmen.	

4.2.4 Strömungstechnische Berechnungen

Strömungstechnische Berechnungen müssen die Berechnungen der Druckverhältnisse innerhalb des Abgas führenden Rohres und der Strömungsgeschwindigkeit einschließen. Sie müssen sowohl die Dichte der Abgase und der Umgebungsluft als auch Energieverluste, wie Verluste durch Richtungsänderung, Reibungsverluste und Verluste an den Verbindungsstellen berücksichtigen.

Wenn das Abgas durch das Innenrohr dringen kann, z. B. bei einem Innenrohr aus Mauerwerk, ist unter üblichen Betriebsbedingungen kein Überdruck zulässig.

ANMERKUNG Der Anfahrdruck ist im Sinne dieses Dokuments keine übliche Betriebsbedingung.

Die Berechnungen sollten nach Anhang A durchgeführt werden. Für Schornsteine mit einer Höhe von weniger als 20 m darf die Berechnung nach EN 13384-1 erfolgen, wenn die in der Norm vorgegebenen Voraussetzungen erfüllt sind.

4.2.5 Chemische Beanspruchung

Chemische Beanspruchung der Bauteile, die mit den Abgasen in Berührung kommen, kann auftreten durch Kondensation verschiedener Abgasbestandteile zu Säure, z. B. Schwefel- oder Salzsäure, die mit Chloriden oder Fluoriden verunreinigt ist. In Abhängigkeit von Art und Dauer der Einwirkung wird die chemische Beanspruchung unterteilt, in

- 1) geringfügig,
- 2) mittel,
- 3) stark, und
- 4) sehr stark.

Die chemische Beanspruchung durch Abgase, die SO_3 enthalten, wird nach Tabelle 3 in Abhängigkeit von dem Zeitraum, in dem die Temperatur der Wand des Innenrohres unter dem Säuretaupunkt liegt, eingestuft. Zeiträume, in denen die Anlage außer Betrieb ist, bleiben bei der Ermittlung der Betriebsstunden unberücksichtigt.

Tabelle 3 gilt für Abgase mit $50 \text{ mg/m}^3 \text{ SO}_3$. Bei anderen Werten der SO_3 -Konzentration verändert sich die Zahl der Betriebsstunden aus Tabelle 3 umgekehrt proportional zum SO_3 -Gehalt. Wenn der SO_3 -Gehalt nicht bekannt ist, darf eine 2%ige Umwandlung von SO_2 in SO_3 angenommen werden, es sei denn, dass andere Werte nachgewiesen sind.

Für andere Abgase ist der Grad der chemischen Beanspruchung nach anderen Methoden zu bestimmen.

Die Temperatur des Säuretaupunktes von Abgasen, die Wasserdampf (H_2O) und Schwefeltrioxid (SO_3) enthalten, kann Bild 1 entnommen werden.

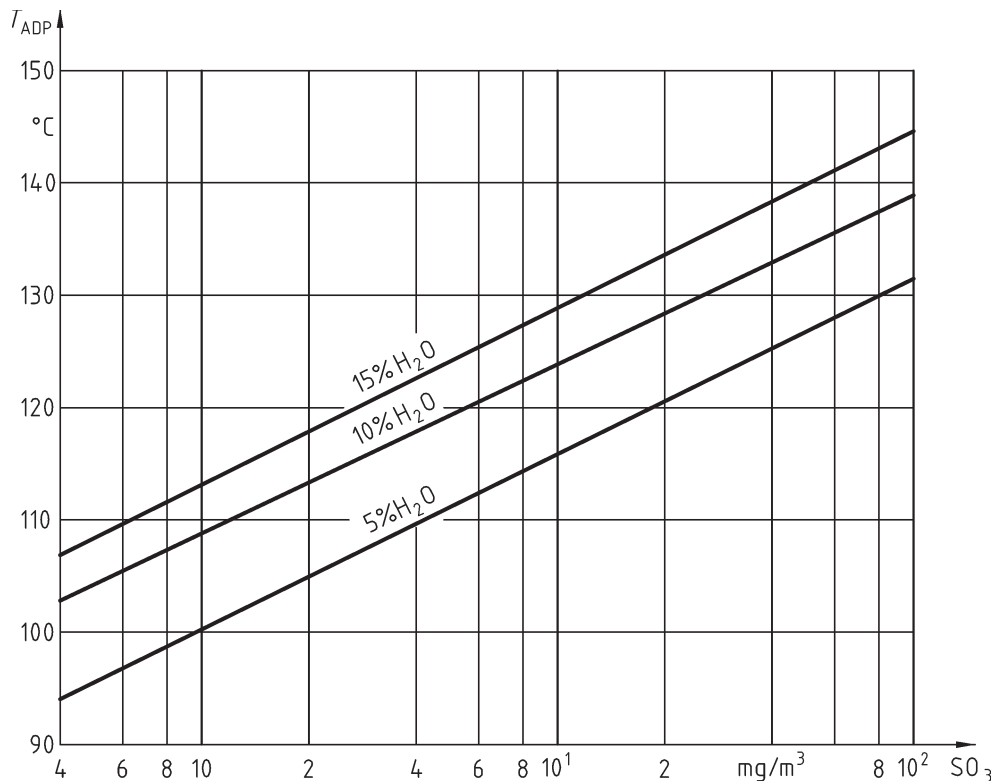


Bild 1 — Säuretaupunkttemperatur, T_{ADP} , von Abgasen, die Wasserdampf (H_2O) und Schwefeltrioxid (SO_3) enthalten

Tabelle 3 — Chemische Beanspruchung durch Abgase mit einem SO_3 -Gehalt von 50 mg/m³

Grad der chemischen Beanspruchung	Betriebsstunden je Jahr ^a			
	Innenrohroberfläche in Berührung mit Abgas		Teile des Schornsteins, die durch das Innenrohr geschützt sind	
	$T_{ADP} > 150\text{ °C}$	$T_{ADP} \leq 150\text{ °C}$	$T_{ADP} > 150\text{ °C}$	$T_{ADP} \leq 150\text{ °C}$
geringfügig	< 10	< 30	< 50	< 150
mittel	10 bis 50	30 bis 150	50 bis 250	150 bis 750
stark	50 bis 1 000	150 bis 3 000	250 bis 5 000	750 bis 15 000 ^b
sehr stark	> 1 000	> 3 000	> 5 000	> 15 000 ^b
^a Während der die Temperatur des beanspruchten Bauteils unterhalb des Säuretaupunktes der Abgase liegt, die das Bauteil berühren.				
^b Nur für Interpolationszwecke (siehe 3. Absatz von 4.2.5), jedoch in keinem Falle mehr als 8 760 h (1 Jahr).				

Das Vorhandensein von Chloriden und Fluoriden im Abgaskondensat kann die Korrosionsgeschwindigkeit beträchtlich erhöhen. Die Abschätzung der Korrosionsgeschwindigkeit hängt von einer Reihe von verschiedenen komplexen Faktoren ab, und es sollte in jedem Einzelfall der Rat eines Korrosionsexperten eingeholt werden.

Liegt ein solcher Rat nicht vor

- darf der Grad der chemischen Beanspruchung als „geringfügig“ eingestuft werden, wenn die Temperatur der Schornsteinkomponenten, die mit dem Abgas in Berührung kommen, weniger als 25 Stunden/Jahr

unterhalb des Säuretaupunktes liegt und wenn die Konzentration von $\text{HCl} \leq 30 \text{ mg/m}^3$ und $\text{HF} \leq 5 \text{ mg/m}^3$ ist,

- ist der Grad der chemischen Beanspruchung, unabhängig von Temperatur und Einwirkungszeit, als „sehr stark“ einzustufen, wenn die Konzentration der Halogene bei 20°C und einem Druck von 1 bar folgende Grenzen überschreitet:
 - Wasserstofffluorid: 300 mg/m^3 ;
 - elementares Chlor: $1\,300 \text{ mg/m}^3$;
 - Wasserstoffchlorid: $1\,300 \text{ mg/m}^3$.

Treten hinter Abgasentschwefelungsanlagen Abgas kondensierende Zustände auf, die länger als 10 h/Jahr andauern, so sind diese in den Grad der chemischen Beanspruchung „sehr stark“ einzustufen.

Auch wenn ein Schornstein im Allgemeinen bei einer Temperatur oberhalb des Säuretaupunktes betrieben wird, ist dafür zu sorgen, dass kleine Flächen sich nicht örtlich abkühlen können und infolgedessen dort die Gefahr örtlicher Korrosion durch Säureangriff besteht. Örtliche Abkühlung kann hervorgerufen werden durch

- undichte Stellen,
- Kühlrippeneffekt durch Flansche, Luftleitbleche oder sonstige Anbauteile,
- Auflagerpunkte, und
- Abwärtssogeffekte an der Schornsteinmündung.

Chemische Beanspruchung kann z.B. auch auftreten, wenn trockene Abgase an der Schornsteinmündung infolge atmosphärischer Einflüsse feucht werden und auf Innen- oder Außenseite des Schornsteines einwirken oder wenn die Abgase auf dem Weg zur Schornsteinmündung oder beim Anfahren der Anlage sich so weit abkühlen, dass Kondensatbildung auftritt.

4.3 Einflüsse auf die Umwelt

4.3.1 Dispergierung der Schadstoffe

Neben anderen Parametern wird die Schornsteinhöhe so in Übereinstimmung mit einschlägigen Vorschriften festgelegt, dass die Höhe des Auslasspunktes ausreicht, um die Dispergierung der Schadstoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt in die Atmosphäre sicherzustellen.

4.3.2 Schall

Der Schall am Schornsteinauslass darf die zulässigen Schallpegel nicht überschreiten.

Der vom Schornstein abgestrahlte Schall (durch ein Hindernis erzeugter regenerierter Schallpegel), $L_{w\text{regen}}$, in dB, wird mit Gleichung (1) berechnet:

$$L_{w\text{regen}} = 10 + 60 \log(w) + 30 \log(\zeta) + 10 \log(A) \quad (1)$$

Dabei ist

- w die Geschwindigkeit des Abgases in m/s;
- ζ der Druckabfallfaktor für das Hindernis;
- A die Oberfläche des Hindernisses (m^2).

ANMERKUNG Der Schall am Schornsteinauslass ist der regenerierte Gesamtschallpegel plus der am Schornsteineinlass (durch Motoren, Kessel, Turbinen, Lüfter usw.) erzeugte Schall.

Falls der berechnete Gesamtschallpegel am Schornsteinauslass zu hoch ist, sollte der Schornstein mit einem Schalldämpfer ausgestattet werden.

4.3.3 Temperatur

Die durch die Temperatur der Abgase verursachte und ausgehend von Umgebungstemperaturwerten aus offiziellen Angaben erhaltene Temperatur an der äußeren Oberfläche des Schornsteines, die von Personen berührt werden kann, darf bei blankem Stahl nicht über 70 °C und bei beschichtetem Stahl und anderen Materialien nicht über 80 °C liegen.

Wenn diese Anforderung nicht erfüllt werden kann, ist eine Schutzvorrichtung anzubringen, um ein unbeabsichtigtes Berühren der Schornsteinwand zu verhindern.

Die maximale Temperatur der angrenzenden brennbaren Stoffe darf bei der Prüfung in der angegebenen Temperaturklasse bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C 85 °C nicht überschreiten. Der Abstand zwischen der Außenfläche des Schornsteines und dem brennbaren Material ist entsprechend zu wählen.

Weitere Informationen zur Lufttemperatur innerhalb eines begehbaren Zwischenraums zwischen Tragrohr und Innenrohr sind in der neuen, in Entwicklung befindlichen Norm zum Lebensdauermanagement freistehender Abgasanlagen enthalten.

4.3.4 Brand

Das Risiko für einen Brand innerhalb des Schornsteins muss berücksichtigt werden.

Die Auswirkungen eines Brands dürfen nicht zum Versagen der lasttragenden Komponenten führen. Die Konstrukteure des Schornsteins und anderer Teile müssen die Wärmeübertragung auf andere Teile in Schornsteinnähe berücksichtigen.

4.3.5 Gasdichtheit

Für Metallinnenrohre siehe EN 13084-6. Für andere, in dieser Norm behandelte Materialien ist ausschließlich Unterdruck zulässig.

4.4 Verbindungsstück

Das Verbindungsstück ist das „Durchgangsrohr für Abgase“. Das Verbindungsstück beginnt entweder an der gasproduzierenden Einrichtung oder, falls vorhanden, am letzten Gasaufbereitungsverfahren. Es endet am Tragrohr des Schornsteins.

Das Verbindungsstück muss so konstruiert sein, dass es die Betriebsanforderungen der Anlage erfüllt. Der geeignete Anschluss des Verbindungsstücks an das Innenrohr des Schornsteins ist besonders entscheidend für die störungsfreie Abgasweiterleitung von der Erzeugung zum Auslass am Schornsteinkopf.

Anhang A enthält zusätzliche Spezifikationen zur Bestimmung des Abgaszugs, die zur Auslegung des Verbindungsstücks verwendet werden können.

Sofern keine andere Norm verfügbar ist, ist die Anwendung der Leistungsmerkmale der Normenreihe EN 13084 allgemein anerkannt.

Die für das Verbindungsstück anwendbaren Leistungskriterien, insbesondere

- die Druckstufe des Verbindungsstücks wird entsprechend der Anforderungen der Betriebsbedingungen der Anlage festgelegt, z. B. N1 oder P1 oder H1,

- die Temperaturstufe des Verbindungsstücks wird entsprechend der Betriebsbedingungen der Anlage festgelegt, z. B. T80 bis T600, und
- der Sicherheitsabstand des Verbindungsstücks zu brennbaren Stoffen wird den Anforderungen der umliegenden Bausubstanz und der Art des verbrannten Kraftstoffs, z. B. G50 oder O50, entsprechen.

Wenn eine lasttragende Verbindung zwischen dem Verbindungsstück und dem Schornstein eingerichtet wird, müssen die Lasten des Verbindungsstücks auf das Tragrohr und das Innenrohr berücksichtigt werden. Genauer

- die vertikale Last und, sofern anwendbar, die Biegemomente vom Eigengewicht des Verbindungsstücks,
- die horizontale Last senkrecht zur Achse des Verbindungsstücks und die Biegemomente vom Wind gegen das Verbindungsstück,
- die horizontale Expansionslast in der Achse des Verbindungsstücks aufgrund von Temperaturunterschieden, falls die freie Verformung in Längsrichtung (z. B. durch Dehnungsfugen) nicht möglich ist, und
- Durchbiegungslasten und/oder -anpassung (Steckverbindungen) infolge der berechneten Durchbiegung (oder der zulässigen Durchbiegung eines modularen Abgasanlagenabschnittes mit CE-Kennzeichnung) des Schornsteins auf der Höhe des Anschlusses an das Verbindungsstücks.

4.5 Wärmedämmung

Eine wirksame Wärmedämmung hat folgende Aufgabe:

- a) sie vermindert den Temperaturgradienten und folglich die thermische Beanspruchung des Innenrohrmaterials;
- b) sie vermindert den Wärmeverlust der innerhalb des Abgas führenden Rohres nach oben steigenden Abgase. Dies hat folgende Vorteile:
 - Reduzierung des Temperaturabfalls der im Schornstein nach oben strömenden Abgase. Dies ist dann von Bedeutung, wenn die Temperatur der Abgase beim Eintritt in den Schornstein in der Nähe des Säuretaupunktes liegt und sich bei weiterem Abkühlen Säureniederschlag und Verschmutzung ergeben können;
 - Erhöhung des thermischen Auftriebes;
- c) sie vermindert den Temperaturgradienten und die thermische Beanspruchung im Tragrohr.

Bei der Auswahl des Dämmsystems sind die folgenden Kriterien zu berücksichtigen:

- i) die strukturelle Langzeitfestigkeit. Es ist wichtig, dass die Dämmstoffe nicht durchhängen und dadurch Teile der Oberfläche nicht mehr gedämmt sind;
- ii) die Wärmeleitfähigkeit;
- iii) die Gebrauchstauglichkeit und die Formbeständigkeit bei den Temperaturen, die während des Betriebes auftreten können;
- iv) die Säurebeständigkeit und die Feuchtigkeitsaufnahme des Dämmstoffes und dessen Halterungen. Dies ist bei Innenrohren aus Mauerwerk wichtig, weil begrenzte Abgasmengen durch das Innenrohr dringen und auf dem Weg zur kalten Seite der Dämmung kondensieren können;
- v) die Zugänglichkeit.

Das Material der Wärmedämmung muss nichtbrennbar sein.

4.6 Belüftung

Es kann zweckmäßig sein, einen belüfteten Zwischenraum zwischen Innenrohr und Tragrohr vorzusehen. Die Aufgaben eines solchen Zwischenraumes sind:

- das Ableiten von Abgasen, die infolge von Diffusion oder Überdruck durch das Innenrohr dorthin gelangen;
- die Reduzierung des Partialdampfdruckes des Schwefeloxides in den Abgasen, die durch das Innenrohr in diesen Raum gelangt sind. Dadurch wird der Säuretaupunkt abgesenkt und die Ablagerung von Säure auf empfindlichen Oberflächen reduziert;
- den Zugang in einen freien Raum mit ausreichender Größe zu Instandhaltungs- und Inspektionszwecken zu ermöglichen.

Die Belüftung muss jederzeit wirksam sein. Wenn ein begehbare Zwischenraum vorgesehen ist, ist seine Wirksamkeit durch thermische und strömungstechnische Berechnungen nachzuweisen.

ANMERKUNG Die in EN 13384-1 angegebene Methodik kann angewendet werden.

Für den vertikalen Durchgang der Luft ist ein freier Weg vorzusehen, entweder über die gesamte Höhe oder abschnittsweise. Das erfordert ausreichend bemessene Öffnungen in den Konsolen und Platten, die die einzelnen Abschnitte des Innenrohres tragen, ebenso im Tragrohr.

4.7 Schutzschichten

Im Allgemeinen müssen Schornsteine gegen Korrosion geschützt sein. Beschichtungen können als Schutz dienen. Es ist zwischen Beanspruchungen durch Abgase und Beanspruchungen durch Umweltbedingungen zu unterscheiden.

Beanspruchung durch Abgase tritt auf

- an der inneren Oberfläche des Abgas führenden Rohres,
- an der äußeren Oberfläche des Schornsteines und den Besteigeeinrichtungen wie Leitern, Bühnen und deren Halterungen, die in der Abgasfahne liegen,
- an allen äußeren Oberflächen, die den Abgasen benachbarter Schornsteine ausgesetzt sind.

Unter Berücksichtigung des vorgesehenen Verwendungszweckes müssen Schutzschichten chemisch und thermisch beständig, undurchlässig in Bezug auf Flüssigkeiten und ausreichend beständig gegen Diffusion und Alterung sein.

4.8 Gründung

Die Gründung muss gegen thermische und chemische Beanspruchungen geschützt werden. Wenn Kondensatbildung zu erwarten ist, muss die Oberfläche der Gründung geneigt sein und mit einer Beschichtung versehen sein, die säurebeständig und undurchlässig in Bezug auf Flüssigkeiten ist.

Es kann zweckmäßig sein, einen Raum zwischen Innenrohr und dem Fundament vorzusehen und so auszulegen, dass dieser Raum begangen und belüftet werden kann.

4.9 Ausrüstung

4.9.1 Besteigeeinrichtungen

Sämtliche Schornsteine müssen mit einer Besteigeeinrichtung ausgestattet sein, die die Inspektion und Instandhaltung folgender Elemente ermöglicht:

- äußere Oberflächen des Tragrohres: Eine eingebaute Vorrichtung zur Führung eines Aufzuges kann zweckmäßig sein, hauptsächlich im oberen Teil des Schornsteines, wo eine örtlich stärkere chemische Beanspruchung auftritt und wo ein Flugwarnanstrich als Tageskennzeichnung erforderlich werden kann (siehe 4.9.3);
- Warnleuchten für die Luftfahrt (siehe 4.9.3);
- Instrumentierung (Thermoelemente, Abgasanalysatoren, Trübungsmessgeräte, Druckmessgeräte usw.) (siehe Abschnitt 8);
- Blitzschutzsystem (siehe 4.9.2);
- Mündungsabdeckung;
- Rauchgaseinführungen;
- Drainagesystem;
- Schwingungsdämpfer;
- Montagestöße.

Die erstellte Besteigeinrichtung muss europäischen Normen und den vor Ort anwendbaren Anforderungen an den Arbeits- und Gesundheitsschutz entsprechen. Sämtliche Besteigeinrichtungen dürfen, je nach Vereinbarung mit dem Besteller, über vorübergehende Mittel (fahrbare Hubarbeitsbühnen o. ä.) oder feste Besteigeinrichtungen realisiert werden.

Wenn feste Besteigeinrichtungen installiert werden, dürfen diese aus fest montierten Steigleitern oder Steigedübeln, an denen Leitern befestigt werden können, bestehen.

Grundsätzlich sollte die Planung und Ausführung der Leitern in Übereinstimmung mit EN ISO 14122 (alle Teile) erfolgen. Abweichend von und/oder ergänzend zu dieser Norm ist für Schornsteine Folgendes anwendbar:

- für den Zugang für eine begrenzte Anzahl klar festgelegter und geschulter Nutzer sind Leitern mit einer festen Führung (Fallschutz) eine Alternative zu Leitern mit Rückenschutz. In diesem Fall ist ausschließlich die Anwendung eines Auffangsystems in Übereinstimmung mit EN 353-1 oder eines gleichwertigen, lokal zugelassenen Systems zulässig. In jedem Fall sollte eine geeignete Risikobeurteilung erfolgen;
- bei der Planung von Leitern muss in Hinblick auf deren Funktion und Material der Austritt von Abgasen (Ablagerungen und/oder Korrosion) berücksichtigt werden. Dies gilt im Austrittsbereich von Emissionen;
- ein permanent gespanntes Drahtseil ist als Systemschutz für Schornsteine nicht zulässig, da die Seilverankerung für gewöhnlich im besonders beanspruchten Austrittsbereich von Emissionen erfolgt;
- im Inneren von Abgas führenden Rohren sind im Falle chemischer Beanspruchung keine dauerhaft angebrachten Besteigeinrichtungen zulässig.

4.9.2 Blitzschutz

In der Regel müssen Schornsteine mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet sein und alle Metallteile des Bauwerks (Leitern, Bühnen, stählerne Mündungsabdeckungen usw.) sind mit den Ableitern zu verbinden. Stahlschornsteine können jedoch als durchgehende Metallkonstruktionen betrachtet und folglich als ihr eigenes Blitzschutzsystem behandelt werden. Im Falle von Stahlschornsteinen, die nicht durchgehend leitend sind, sind zusätzliche ausreichende Maßnahmen vorzusehen.

Die Erdung der Blitzschutzanlage sollte aus Metallstäben oder Metallbändern oder einer Kombination von beiden bestehen.

Der Punkt, an dem das Erdungsband mit dem Schornstein verbunden ist, sollte zugänglich sein.

Durchdringt der Schornstein ein Gebäude, so darf er an diesem Punkt geerdet werden, indem man ihn mit dem Blitzschutz des Gebäudes verbindet.

Bei abgespannten Schornsteinen müssen die oberen Enden der Abspannseile leitend mit dem Schornstein verbunden werden, die unteren Enden sind zu erden.

Ein abgestützter Schornstein ist leitend mit seinen Abstützungen zu verbinden. Wenn horizontale oder vertikale Bewegungen zwischen den Abstützungen und dem Schornstein möglich sind, sind Dehnungsmöglichkeiten vorzusehen.

In Gebieten, in denen im Untergrund hohe Temperaturen auftreten können, z. B. in der Nachbarschaft von Ziegelbrennöfen, müssen die Erdungsstäbe oder Erdungsbänder gegebenenfalls in einem solchen Abstand vom Schornstein angeordnet werden, wo der Boden üblicherweise nicht mehr austrocknet.

Für einen Schornstein, der auf gewachsenem Fels steht, sind besondere Blitzschutzmaßnahmen erforderlich und es sollte der Rat von Experten eingeholt werden.

4.9.3 Flugsicherungssystem

Wenn von den örtlichen Behörden der Zivil- oder Militärluftfahrt verlangt, müssen Schornsteine mit Flughindernissbefeuerung oder Flugwarnanstrich als Tageskennzeichnung oder beiden Einrichtungen ausgestattet werden. Tageskennzeichnungen sind z. B. der Anstrich des oberen Teiles oder auch der gesamten Höhe. Ein Farbanstrich, besonders des oberen Teiles, muss einen ausreichenden chemischen Schutz des Bauwerks garantieren.

Wenn der chemische Schutz bereits durch das Material (Verkleidung, Schornstein aus nichtrostendem Stahl oder Farbe) gegeben ist, wird der Tageskennzeichnungsanstrich nicht als Schutzbeschichtung betrachtet.

Im Falle von Schornsteinen ohne begehbaren Zwischenraum sollten die Warnleuchten an dem Geländer der Umgangsbühnen angebracht werden; wenn keine Bühnen vorgesehen sind, sollten die Leuchten am Tragrohr befestigt werden. Für Schornsteine mit begehbarem Zwischenraum sollten die Warnleuchten so auf der Außenseite des Tragrohres angeordnet werden, dass sie von inneren Bühnen aus durch Öffnungen zugänglich sind.

4.9.4 Zusätzliche Ausrüstungen

Der Besteller könnte einige zusätzliche Elemente, wie etwa die folgenden, festlegen:

- Telefonanlage;
- chemische Waschanlage;
- Kräne und Aufzüge zum Heben von Bauteilen und Baugeräten;
- Probennahme- und Analyseausrüstung;
- usw.

Der Lieferant muss die folgenden Elemente in Vereinbarung mit dem Planer des Bestellers konstruieren und liefern:

- Drainagesystem sowohl für Regenwasser als auch zum Abführen möglichen Kondensats aus dem Innenrohr von den betreffenden Ebenen zum Abwassersystem am Boden;
- Inspektions- und Einstiegsöffnungen, sofern aufgrund der Entwurfsparameter erforderlich;
- Schwingungsdämpfer, sofern aufgrund der Berechnungen erforderlich.

5 Anforderungen an die Berechnung und Bemessung

5.1 Grundlegende Berechnungsannahmen

Die folgenden grundlegenden Berechnungsannahmen müssen EN 1990 entsprechen. Sie müssen auch auf Materialien angewendet werden, die eine ähnliche Funktion, aber andere Struktur haben und in den jeweiligen Europäischen Normen nicht behandelt werden.

Schornsteine sind hinsichtlich Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit sowohl im endgültigen Zustand als auch während des Bauzustandes zu berechnen und zu bemessen. Dies schließt den Nachweis der Widerstände und der Lagesicherheit bezüglich Kippen ein.

Sofern in den folgenden Abschnitten nichts anderes angegeben ist, ist auf die einschlägigen Grundnormen der Bautechnik, besonders auf die betreffenden Eurocodes Bezug zu nehmen.

Die Theorie der Grenzzustände ist anzuwenden.

Die Grenzzustände werden eingeteilt in:

- Grenzzustände der Tragfähigkeit;
- Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit darf der Bemessungswert der Beanspruchungen infolge Einwirkung, E_d , wie z. B. Schnittkräfte, Momente, Spannungen oder Dehnungen, den zugehörigen Bemessungswert des Widerstandes, R_d , nicht überschreiten.

$$E_d \leq R_d$$

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist nachzuweisen, dass

$$E_d \leq C_d$$

Dabei ist

E_d der Bemessungswert der Beanspruchung infolge Einwirkungen, z. B. Auslenkung;

C_d ein Nennwert bestimmter Tragwerkseigenschaften hinsichtlich der im Nachweis zu berücksichtigenden Anforderungen.

Die Bemessungswerte der Einwirkungen werden ermittelt aus den charakteristischen Werten der Einwirkungen nach 5.2 multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F .

Die Auslegungswerte der Widerstände, R_d , dürfen unter Berücksichtigung des Sicherheitsfaktors γ_M aus den charakteristischen Werten der relevanten Struktureigenschaften, als Materialeigenschaften oder geometrische Daten abgeleitet werden.

Einflüsse nach Theorie II. Ordnung sind zu berücksichtigen, wenn sich die maßgebenden Momente oder Schnittkräfte infolge der nach Theorie I. Ordnung ermittelten Auslenkungen um mehr als 10 % erhöhen.

5.2 Einwirkungen

5.2.1 Allgemeines

Die folgenden Einwirkungen sind bei der Berechnung und Bemessung von Schornsteinen zu berücksichtigen:

- ständige Einwirkungen;

- veränderliche Einwirkungen:
 - i) Nutzlasten;
 - ii) Windlasten;
 - iii) Innendruck;
 - iv) Wärmeeinwirkungen;
- außergewöhnliche Einwirkungen:
 - v) Erdbeben;
 - vi) Explosionen und Implosionen;
 - vii) Anprall.

5.2.2 Ständige Einwirkungen

Die ständigen Einwirkungen müssen die angenommenen Eigenlasten aller ständig vorhandenen Bauteile und Elemente wie Armaturen, Dämmung, Staub, Asche, vorhandene und künftige Beschichtungen und sonstige Lasten enthalten. Die Eigenlasten sind nach EN 1991-1-1 zu bestimmen.

Maximale und minimale ständige Einwirkungen müssen für die Ermittlung der Beanspruchung bestimmt werden, wobei die verschiedenen Bauzustände zu berücksichtigen sind.

5.2.3 Veränderliche Einwirkungen

5.2.3.1 Nutzlasten

Der charakteristische Wert der Nutzlasten für die Berechnung und Bemessung der Bühnen ist mit 2 kN/m^2 anzunehmen, es sei denn, dass die tatsächlichen Bedingungen möglicherweise größere Lasten ergeben.

5.2.3.2 Windlasten

5.2.3.2.1 Allgemeines

Windlasten wirken auf die gesamte äußere Oberfläche eines Schornsteines und auf die Anbauteile. Neben den Widerstandskräften infolge des böigen Windes, die im Allgemeinen in Windrichtung wirken, können Lasten infolge Wirbelablösung Querschwingungen eines Schornsteines verursachen.

Andere Windwirkungen, z. B. infolge ungleichförmiger Winddruckverteilung oder infolge von gegenseitiger Beeinflussung (Interferenz), müssen berücksichtigt werden, wenn sie von Bedeutung sind.

Die oben erwähnten Windlasten sind im Wesentlichen dynamischer Art. Die Windlasten auf schlanke verformungswillige Bauwerke, wie Schornsteine, können nur durch eine dynamische Berechnung oder die Anwendung statischer Ersatzlasten bestimmt werden. Verfahren für die Ermittlung dieser dynamischen Windlasten werden in EN 1991-1-4:2005 gegeben.

5.2.3.2.2 Windlasten in Windrichtung

Windlasten in Windrichtung sind nach EN 1991-1-4:2005 ausgehend von der Grundwindgeschwindigkeit v_b , für den betreffenden Standort und einer statistischen Wiederkehrperiode von 50 Jahren, sowie mit dem Wert 1,0 für beide Beiwerte c_{DIR} und c_{SEASON} zu bestimmen.

Orographische Einflüsse auf die Windgeschwindigkeit, z. B. bei Schornsteinen an exponierten Standorten, wie Hügel oder nahe gelegenen Böschungen in sonst relativ ebenem Gelände, müssen berücksichtigt werden.

Der Einfluss der Geländerauigkeit auf die Windgeschwindigkeit ist zu berücksichtigen.

Aufgrund seiner Funktion ist der Schornstein höher als die/das mit ihm verbundene Ausrüstung oder Gebäude. Folglich kann für den Schornstein eine strengere Geländerauigkeit anwendbar sein als für das verbundene Gebäude. Falls keine speziell für den jeweiligen Schornstein durchgeführte Studien zur Geländerauigkeit vorliegen, wird empfohlen, nur die Kategorien 0, I und II nach EN 1991-1-4:2005, Tabelle 4.1, zu verwenden.

Aerodynamische Kraftbeiwerte c_F für Schornsteine mit Querschnitten, die von den in EN 1991-1-4:2005 angegebenen abweichen, dürfen durch Windkanalversuche bestimmt werden, wobei die Änderung der mittleren Windgeschwindigkeit mit der Höhe und die Turbulenz entsprechend den Gegebenheiten des Geländes am Standort berücksichtigt werden müssen, oder sie dürfen aus entsprechenden Veröffentlichungen, die auf derartigen Versuchen beruhen, entnommen werden.

Schwingungswirkungen, die durch den böigen Wind verursacht werden, sind nach EN 1991-1-4:2005 zu berücksichtigen.

5.2.3.2.3 Wirbelablösung

Schornsteine können zu Schwingungen durch Wirbelablösungen angeregt werden. Verfahren zur Berechnung der Schwingungsamplituden sind in EN 1991-1-4:2005 angegeben.

5.2.3.2.4 Sonstige Windwirkungen

Eine ungleichförmige Winddruckverteilung über den Umfang eines Kreiszylinders erzeugt Biegemomente in vertikalen Schnitten des Tragrohres. Der Bemessungswert M_d des größten positiven als auch negativen Biegemomentes darf mit der folgenden Gleichung errechnet werden.

Ausschließlich für Mauerwerk- und Betonschornsteine:

$$M_d = \pm c_M \times q_d(z) \times d(z)^2 \quad (2)$$

Dabei ist

$q_d(z)$ der Bemessungswert des Staudruckes in Höhe z des Schornsteines;

$d(z)$ der Durchmesser des Querschnittes in Höhe z des Schornsteines;

$c_M = 0,125$ für $Re \leq 2 \times 10^6$

$c_M = 0,095$ für $Re \geq 10^7$ (Zwischenwerte dürfen interpoliert werden)

Re die Reynolds-Zahl nach EN 1991-1-4:2005.

Für Stahlschornsteine, siehe EN 1993-3-2:2006, Gleichung (5).2:

Die umlaufenden Biegemomente je Längeneinheit dürfen wie folgt ungefähr ermittelt werden:

$$m_y = 0,5 r_m^2 w_e$$

Dabei ist

w_e der auf die Außenoberfläche einer Struktur einwirkende, nach EN 1991-1-4:2005, 5.1, bestimmte Winddruck, wobei z als Höhe des Schornsteins verwendet wird.

Infolge der Anregung durch Wirbel können querschnittsverformende Schwingungen des Tragrohres besonders in der Nähe des Schornsteinkopfes auftreten. Zur Berechnung dieser Schwingungen siehe EN 1991-1-4:2005.

Sonstige in der Nähe liegende Bauwerke können Interferenzschwingungen verursachen. Dies gilt hauptsächlich für Schornsteine, die in einer Reihe oder einer Gruppe angeordnet sind. Berechnungsverfahren für einige Anordnungen werden in EN 1991-1-4:2005 gegeben. In anderen Fällen können Windkanalversuche erforderlich sein.

5.2.3.3 Innendruck

Unterdruck und Überdruck sind als Einwirkungen zu berücksichtigen.

5.2.3.4 Wärmeeinwirkungen

Beanspruchungen aus Wärmeeinwirkungen in Innenrohr und Tragrohr infolge von Temperaturdifferenzen zwischen innerer und äußerer Oberfläche der betreffenden Wände sind bei maximaler Abgastemperatur und bei niedrigster Außentemperatur, die am Standort unter Berücksichtigung einer statistischen Wiederkehrperiode von 50 Jahren zu erwarten ist, zu bestimmen.

Zum Nachweis der Wärmebeständigkeit von Baustoffen ist die maximale Außentemperatur, die am Standort unter Berücksichtigung einer statistischen Wiederkehrperiode von 50 Jahren zu erwarten ist, anzunehmen.

Über den Umfang veränderliche Temperaturen infolge ungleichmäßiger Abgasströmung müssen berücksichtigt werden.

Zusätzliche Auswirkungen können durch instationäre Wärmeströmung verursacht werden.

Wenn ein Schornstein oder Schornsteinbauteile an einer Verformung zufolge unterschiedlicher Dehnung gehindert werden, müssen die daraus resultierenden Spannungen berücksichtigt werden. Diese Spannungen können hoch sein, wenn ein Innenrohr oder ein einzelner Schornstein ohne Innenrohr Abgase aus zwei oder mehr Quellen mit deutlich unterschiedlichen Temperaturen führt oder wenn eine einseitig eintretende Quelle Abgase mit sehr hohen Temperaturen führt. Zusätzlich werden durch die resultierenden Temperaturunterschiede Wärmespannungen 2. Ordnung hervorgerufen. Typische Fälle solcher Verformungsbehinderung sind bei bestimmten Innenrohren und auch in abgestützten und abgespannten Schornsteinen zu finden.

Ein Berechnungsverfahren für kombinierte Rauchgase mit verschiedenen Temperaturen ist in Anhang B zu finden.

5.2.4 Außergewöhnliche Einwirkungen

5.2.4.1 Erdbeben

Einwirkungen aus Erdbeben sind nach EN 1998-6 zu ermitteln.

5.2.4.2 Explosionen und Implosionen

Explosionen im Inneren eines Schornsteins können durch das Vorhandensein von Ruß oder explosiven Abgasen im Schornstein entstehen. Die Möglichkeit von Explosionen innerhalb eines Schornsteines muss insbesondere in Fällen, in denen Abgase aus der Verbrennung gasförmiger Stoffe herrühren, in Betracht gezogen werden.

Der durch Implosionen verursachte Druck (plötzliche Unterbrechung des Abgasstromes) ist nach A.7.7 zu ermitteln.

Mögliche Einwirkungen aus Explosionen, die außerhalb des Schornsteines auftreten, sind nur in Sonderfällen zu berücksichtigen.

5.2.4.3 Anprall

Wenn Einwirkungen aus Anprall nicht ausgeschlossen werden können, sind diese zu berücksichtigen.

5.3 Imperfektionen

Einflüsse, die sich aus Imperfektionen ergeben, müssen berücksichtigt werden.

Sofern keine detaillierten Untersuchungen über die Auswirkungen von Sonneneinstrahlung und Bauungenauigkeiten vorgenommen werden, dürfen diese Effekte zusammen durch die Annahme einer gegenüber der Senkrechten um 1/500 geneigten Schornsteinachse berücksichtigt werden (unterliegt weiteren Gestaltungsbeschränkungen der jeweils verwendeten Materialien).

Zusätzlich zu berücksichtigen sind vorhersehbare Abweichungen des Bauwerks gegenüber der Senkrechten, die sich aus ungleichmäßiger Setzung der Gründungen oder aus Änderungen der Stützbedingungen ergeben, z. B. bei Bergsenkungen.

5.4 Gründung

Die Fuge zwischen Fundament und Erdreich darf sich unter Einwirkung des charakteristischen Wertes der Windlast nicht weiter als bis zur Schwerachse der Fundamentplatte öffnen.

Temperaturdifferenzen zwischen Tragrohr und Fundament infolge unterschiedlicher atmosphärischer Einwirkungen und unterschiedlicher thermischer Trägheit müssen berücksichtigt werden.

5.5 Innenrohr

Das Innenrohr muss in der Lage sein, sich sowohl in vertikaler als auch horizontaler Richtung ohne nachteilige Einflüsse auf Tragrohr, Abstützung und das Innenrohr selbst auszudehnen. Falls ein Schornstein mehr als ein Innenrohr hat, müssen die einzelnen Innenrohre in der Lage sein, sich voneinander unabhängig, sowohl vertikal als auch horizontal, auszudehnen.

Der Einfluss von Verformungen der Innenrohrabstützung auf die Verschiebungen des Innenrohres ist zu berücksichtigen.

6 Tätigkeiten auf der Baustelle

Die Bauarbeiten dürfen nur nach Fertigstellung der erforderlichen schriftlichen und zeichnerischen Projektdokumente, in denen alle wesentlichen tragenden und nichttragenden Teile des Schornsteins beschrieben sind, begonnen werden.

Die Bauarbeiten dürfen nur von Firmen ausgeführt werden, die über eine sachverständige Leitung und erfahrenes Personal verfügen, die nachweislich in der Lage sind, derartige Arbeiten erfolgreich auszuführen.

7 Lebenszeitmanagement, Überwachung, Inspektion, Wartung, Reinigung, Reparatur und Sanierungsmaßnahmen einschließlich Dokumentation; notwendige Maßnahmen und Verfahren

Zur Inspektion und Wartung siehe EN 13084-9.

8 Messeinrichtungen

Falls aufgrund der nationalen/lokalen Gesetzgebung und/oder der Spezifikation des Kunden erforderlich, muss der Schornstein so konstruiert sein, dass geeignete Messeinrichtungen, die der Umweltüberwachung dienen, ständig oder gelegentlich eingebaut werden können. Die Überwachung darf betreffen:

- Druckbedingungen;
- Strömungsgeschwindigkeit der Abgase;

- Abgastemperatur;
- Sauerstoff;
- Stickoxid;
- Schwefeloxid;
- Schwebstoffe.

Bühnen mit ausreichend Raum für den Zugang zu den Einrichtungen und für Personal sollten vorgesehen werden. Diese Bühnen sollten sich in einer Schornsteinhöhe innerhalb eines Bereiches vom 5fachen Durchmesser oberhalb der Einführung der Züge und innerhalb eines Bereiches vom 3fachen Durchmesser unterhalb der Mündung des Schornsteines befinden.

Die Bühnen sollten einen ausreichend bemessenen und bequemen vertikalen Zugang haben, möglichst über Treppen oder einen Aufzug.

Bühnen für Messeinrichtungen sollten elektrische Anschlüsse und Beleuchtung haben. Druckluft, Sicherheitsausrüstung und Telefonanschluss sind zweckmäßig.

Prüföffnungen mit Dichtungen und abgedeckte Öffnungen für das Anbringen von Messeinrichtungen sollten vorgesehen werden. Wo eine ständige Überwachung erforderlich ist, sollten geeignete Einrichtungen vorgesehen werden, die eine Informationsübertragung zur Steuerzentrale ermöglichen.

Anhang A (normativ)

Strömungstechnische Berechnung

A.1 Grundzüge des Berechnungsverfahrens

Die strömungstechnische Berechnung dient der Ermittlung der Druckverhältnisse im Abgas führenden Rohr, von der Abgaseinführung bis zur Schornsteinmündung. Dies erfordert die Berechnung des Temperaturverlaufes im Abgas führenden Rohr. Bei über die Schornsteinhöhe veränderlichen Größen sollte die Berechnung abschnittsweise durchgeführt werden.

A.2 Bauartkennwerte

A.2.1 Rauigkeit

Die mittlere Rauigkeit, r , der abgasberührten Oberflächen üblicher Baustoffe darf Tabelle A.3 entnommen werden. Für andere Baustoffe ist die mittlere Rauigkeit nachzuweisen, z. B. durch anerkanntes Schrifttum oder Messungen.

A.2.2 Wärmedurchlasswiderstand

Der Wärmedurchlasswiderstand der Innenrohr- und Tragrohrwände sowie der Isolierung ist unter Berücksichtigung der Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Schichten zu berechnen. Der Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten ist in Tabelle A.5 angegeben.

Der Wärmedurchlasswiderstand, $1/\Lambda$, in $\text{m}^2 \text{ K/W}$, errechnet sich näherungsweise aus Gleichung (A.1):

$$\left(\frac{1}{\Lambda}\right) = y \times \sum_n \left[\frac{D_h}{2 \times \lambda_n} \times \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \right] \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

y der Formbeiwert;

= 1,0 für runde und ovale Querschnitte;

= 1,1 für quadratische und für rechteckige Querschnitte bis zu einem Seitenverhältnis von 1:1,5;

D_h der innere hydraulische Durchmesser, in m;

$D_{h,n}$ der hydraulische Durchmesser, bezogen auf die Innenseite der n-ten Schicht des Wandaufbaus, in m;

λ_n die Wärmeleitfähigkeit des Baustoffes der n-ten Schicht des Wandaufbaus bei Betriebstemperatur, in W/mK , siehe Tabelle 1.

Die Werte der Wärmeleitfähigkeit üblicher Baustoffe sind in Tabelle 1 angegeben.

A.3 Grundwerte für die Berechnung

A.3.1 Lufttemperaturen

Der Berechnung ist die im Betrieb des Schornsteines zu erwartende höchste und niedrigste Temperatur zugrunde zu legen.