

DIN EN 13084-4

ICS 91.060.40

Ersatz für
DIN EN 13084-4:2003-06**Freistehende Schornsteine –
Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk –
Entwurf, Bemessung und Ausführung;
Deutsche Fassung EN 13084-4:2005**

Free-standing chimneys –
Part 4: Brick liners –
Design and execution;
German version EN 13084-4:2005

Cheminées indépendantes –
Partie 4: Conduits intérieurs en briques de terre cuite –
Conception et mise en oeuvre;
Version allemande EN 13084-4:2005

Gesamtumfang 44 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab 2005-12-01.

Nationales Vorwort

Diese Norm wurde von Technischen Komitee CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ (Sekretariat: Deutschland) erarbeitet.

Zuständig für die Deutsche Fassung ist der Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13084-4:2003-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Korrektur von Fehlern in einigen Formeln;
- b) Anpassung der Bezeichnung an die der DIN EN 13084-5;
- c) Berücksichtigung des Leitpapiers L „Anwendung der Eurocodes“ der Europäischen Kommission bzgl. der Sicherheitsfaktoren;
- d) Berücksichtigung einiger europäischer Prüfnormen, z. B. DIN EN 1052-1 und DIN EN 1052-2;
- e) allgemeine redaktionelle Überarbeitung, z. B. Aktualisierung der normativen Verweisungen.

Frühere Ausgaben

DIN 1056: 1927-04, 1929-08, 1984-10
DIN 1056-1: 1940-08, 1959-04, 1969-08
DIN 1056-2: 1940-08, 1959-04, 1969-08
DIN 1058: 1929-04, 1959-07, 1969-08
DIN EN 13084-4: 2003-06

Deutsche Fassung

Freistehende Schornsteine —
Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk —
Entwurf, Bemessung und Ausführung

Free-standing chimneys —
Part 4: Brick liners —
Design and execution

Cheminées indépendantes —
Partie 4: Conduits intérieurs en briques de terre cuite —
Conception et mise en oeuvre

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 29. April 2005 angenommen.

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

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

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



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	6
4 Baustoffe	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Mauerwerk	7
4.2.1 Allgemeines	7
4.2.2 Wärmeeinwirkungen	7
4.2.3 Klassifizierung und chemische Beanspruchung	7
4.3 Wärmedämmung	9
5 Entwurf und Bemessung	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Mindestwanddicke	9
5.3 Innenrohrabstützungen	10
5.4 Öffnungen	10
5.5 Belüftung	10
5.6 Schutzschichten	11
5.7 Zusatzeinrichtungen	11
5.7.1 Fugen	11
5.7.2 Kompensatoren	11
5.7.3 Einführungskanäle und Gebläse	11
6 Berechnung und Bemessung	11
6.1 Einwirkungen	11
6.1.1 Allgemeines	11
6.1.2 Windlasten	12
6.1.3 Einwirkungen aus Erdbeben	12
6.1.4 Wärmeeinwirkungen	12
6.1.5 Innendruck und Explosionen	13
6.2 Widerstände	13
6.3 Nachweis	13
6.3.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit	13
6.3.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	15
6.3.3 Berechnung der Beanspruchungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit	16
6.3.4 Elastische Stabilität	17
7 Ausführung	17
7.1 Imperfektionen	17
7.2 Toleranzen	17
8 Inspektion und Instandhaltung	18
8.1 Allgemeines	18
8.2 Anwendungsbereiche der Inspektion	18
8.2.1 Innenrohr aus Mauerwerk	18
8.2.2 Wärmedämmung	19
8.3 Häufigkeit	19
8.4 Durchführung	19
Anhang A (informativ) Berechnung und Bemessung von unten abgestützten Innenrohren	21
A.1 Allgemeines	21
A.2 Elastische Stabilität	21
A.2.1 Allgemeines	21

A.2.2	Elastische Stabilität des ungerissenen Rohres	22
A.2.3	Elastische Stabilität freistehender vertikaler Pfeiler	23
A.2.4	Elastische Stabilität eines halben Rohres	24
A.2.5	Vergleich der drei Berechnungsverfahren und Schlussfolgerungen	25
Anhang B	(normativ) Öffnungen	28
Anhang C	(informativ) Kompensatoren	29
Anhang D	(informativ) Dynamische Einflüsse	31
Anhang E	(informativ) Verstärken - Bewehrtes Mauerwerk	34
E.1	An der Außenseite des Innenrohrs angebrachte Stahlbänder	34
E.1.1	Spannungen im Innenrohr	34
E.1.2	Flachstahlbänder	35
E.1.3	Stahlbänder mit Federn	36
E.2	Bewehrtes Mauerwerk	38
E.2.1	Allgemeines	38
E.2.2	Bemessung	38
E.2.3	Baustoffe	38
E.2.4	Korrosionsschutz	38
E.2.5	Ausführung	39
Anhang F	(informativ) Wärmeeinwirkungen	40
Anhang G	(informativ) Trocknen und Hochfahren	41
G.1	Neue Innenrohre	41
G.1.1	Allgemeines	41
G.1.2	Außen wärmegeämmte Innenrohre	41
G.1.3	Nicht wärmegeämmte Innenrohre	42
G.2	Alte Innenrohre aus Mauerwerk	42

Bilder

Bild A.1	— Kritische Höhe eines freistehenden, ungerissenen Innenrohrs aus Mauerwerk	23
Bild A.2	— Kritische Höhe von gerissenen und ungerissenen Innenrohren aus Mauerwerk	26
Bild C.1	— Beispiel einer Innenrohrfuge mit Kompensator	30
Bild D.1	— Niedrigste maßgebende Schwingungsform des Innenrohres	33
Bild D.2	— Verhältnis zwischen h_{el}/r und γ	33
Bild E.1	— Stahlbänder mit Federn	37
Bild E.2	— Bewehrter Mauerwerksquerschnitt mit Formsteinen	39

Tabellen

Tabelle 1	— Wesentliche Symbole	6
Tabelle 2	— Mindestwanddicken für Innenrohre aus Mauerwerk	10
Tabelle 3	— Charakteristische Werte mechanischer Eigenschaften von Mauerwerk	13
Tabelle 4	— Einwirkungskombinationen für ständige Bemessungssituationen ^a	14
Tabelle 5N	— Teilsicherheitsbeiwerte γ_G und γ_{Qi} für Einwirkungen	15
Tabelle 6N	— Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Mauerwerk	15
Tabelle A.1	— Kritische Höhe in Abhängigkeit von der Wanddicke	24
Tabelle A.2	— Berechnungsergebnisse bei vorgegebenen Innenrohrmaßen	25
Tabelle A.3	— Größte Höhe des Innenrohrs und kleinste Wanddicke in Abhängigkeit vom Durchmesser	27

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13084-4:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2006 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2006 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ist Teil 4 des unten gelisteten 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 — Entwurf, 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 Schornsteinen*

Zusätzlich gilt

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

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm behandelt die besonderen Anforderungen und die Leistungskriterien für Entwurf, Bemessung und Ausführung von Innenrohrkonstruktionen aus Mauerwerk für freistehende Industrieschornsteine. In der gängigen europäischen Praxis werden aus einzelnen Abschnitten bestehende Innenrohre (Etagen-Innenrohre) bevorzugt, und die Festlegungen der Norm beziehen sich hauptsächlich auf diese Lösungen, gelten aber auch weitestgehend für unten abgestützte freistehende und horizontal abgestützte Innenrohre. Diese Europäische Norm beschreibt die Anforderungen an die mechanische Festigkeit und Stabilität von Innenrohren entsprechend den allgemeinen Anforderungen nach EN 13084-1.

Innenrohrkonstruktionen bestehen vollständig oder teilweise aus folgenden Teilen:

- Schornsteininnenrohr einschließlich Abgaskanal-Einführung;
- Wärmedämmung;
- Innenrohrabstützung;
- Raum zwischen Innenrohr und Beton-Tragrohr.

Strömungstechnische Berechnungen zur Bestimmung der Innenrohrmaße sind in EN 13084-1 angegeben.

2 Normative Verweisungen

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

EN 1052-1, *Prüfverfahren für Mauerwerk — Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit*.

EN 1052-2, *Prüfverfahren für Mauerwerk — Teil 2: Bestimmung der Biegezugfestigkeit*.

EN 13084-1:2000, *Freistehende Schornsteine — Teil 1 : Allgemeine Anforderungen*.

EN 13084-5:2005, *Freistehende Schornsteine — Teil 5 : Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen*.

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13084-1:2000 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

unten abgestütztes Innenrohr

Innenrohr, das vertikal nur am Innenrohrboden abgestützt ist

3.1.2

freistehendes Innenrohr

unten abgestütztes Innenrohr ohne andere horizontale Abstützung oder Zwangsführung

3.1.3

horizontal abgestütztes Innenrohr

unten abgestütztes Innenrohr mit horizontalen Zwangsführungen

3.1.4

Etagen-Innenrohr

aus einzelnen Abschnitten bestehendes Innenrohr, das in verschiedenen Höhen vertikal abgestützt ist

3.1.5**Innenrohrabstützung**

Bauteile wie Konsolen oder Bühnen, auf denen die einzelnen Abschnitte des Innenrohrs aufgelagert sind

3.1.6**Abgaskanal-Einführung**

Abschnitt, in dem die Abgase in das Innenrohr eingeleitet werden

3.1.7**Temperaturgradient**

Temperaturdifferenz zwischen der äußeren und inneren Wandoberfläche, bezogen auf die Wanddicke

3.1.8**Temperaturschock**

Durch schnelle Wechsel der Abgastemperatur verursachte Einwirkung auf das Innenrohr, die zu Beanspruchungen führt. Diese Einwirkung wird üblicherweise durch unkontrolliertes Herunterfahren, ein Feuer oder das plötzliche Umfahren einer Einrichtung zur Energieerhaltung (z. B. Wärmetauscher) oder Abgasentschwefelung hervorgerufen.

3.1.9**Kompensator**

ein System, welches Fugenbewegungen in jeder Richtung unter Beibehaltung der Gasdichtheit ermöglicht

3.2 Symbole

Die in diesem Dokument verwendeten wesentlichen Symbole sind in Tabelle 1 angegeben:

Tabelle 1 — Wesentliche Symbole

Symbol	Bedeutung	Einheit
Sicherheitsbeiwert:		
γ	Teilsicherheitsbeiwert	—
Baustoffeigenschaften:		
f	Festigkeit	N/mm ²
E	Elastizitätsmodul	N/mm ²
σ	Spannung	N/mm ²
α_T	Wärmeausdehnungskoeffizient	K ⁻¹
Einwirkungen:		
T	Wärmeeinwirkungen	—
G	ständige Einwirkungen	—
W	Windeinwirkungen	—
a	Beschleunigung	m/s ²
Maße:		
d	Durchmesser	m
t	Wanddicke	m
Indizes:		
c	Druck	—
t	Zug	—
y	Streckgrenze	—
k	charakteristisch	—
M	Material	

4 Baustoffe

4.1 Allgemeines

Die Wahl des Baustoffes hängt von dem geforderten Betrieb ab.

4.2 Mauerwerk

4.2.1 Allgemeines

Die Art des verwendeten Mauerwerks wird weitestgehend durch den Widerstand von Steinen und Mörtel gegenüber chemischer Beanspruchung bestimmt. Wenn Temperaturschocks zu erwarten sind, erfolgt die Auswahl der Mauersteinarten auf der Grundlage ihrer Beständigkeit gegen Abplatzen und andere dadurch verursachte mechanische Schäden.

Das in diesem Dokument erfasste Mauerwerk besteht aus Steintypen nach EN 13084-5:2005, 5.1 und Mörteltypen nach EN 13084-5:2005: 5.2.

4.2.2 Wärmeeinwirkungen

In Übereinstimmung mit den Anforderungen nach EN 13084-1:2000, 5.2.3.4 muss die Wärmeeinwirkung auf das Mauerwerk besonders in folgender Hinsicht berücksichtigt werden:

- Grenztemperatur der verschiedenen Bauteile;
- Temperaturgradienten innerhalb des Mauerwerks im stationären und instationären Zustand;
- gleichmäßige Temperatur;
- Ausdehnung;
- Temperaturschock.

Berechnungen auf der Grundlage der höchsten Abgastemperatur und der höchsten zu erwartenden Umgebungstemperatur müssen zeigen, dass die zulässigen Temperaturen für die einzelnen Baustoffe nicht überschritten werden.

Zu große Temperaturgradienten können zu Rissen im Innenrohr, insbesondere bei Innenrohren aus Steinen Typ BT1, BT2 und BT3, führen.

Temperaturschock kann Abplatzungen und Risse bei Steinen des Typs BT1, BT2 und BT3 verursachen. Üblicherweise entstehen nur Oberflächenrisse, die jedoch durch den Temperaturgradienten wachsen können.

4.2.3 Klassifizierung und chemische Beanspruchung

4.2.3.1 Allgemeines

Die folgenden Mauerwerksklassen dürfen in Abhängigkeit vom Grad der chemischen Beanspruchung nach EN 13084-1:2000, Tabelle 3 für die Konstruktion von Schornsteininnenrohren verwendet werden:

- Mauerwerk Klasse A: beständig gegen „sehr starke chemische Beanspruchung“;
- Mauerwerk Klasse B: beständig gegen „starke chemische Beanspruchung“;
- Mauerwerk Klasse C: beständig gegen „mittlere chemische Beanspruchung“;

- Mauerwerk Klasse D: beständig gegen „geringe chemische Beanspruchung“;
- Mauerwerk Klasse E: darf keiner „chemischen Beanspruchung“ ausgesetzt werden.

Mörtel Typ MT3 auf der Grundlage von Portlandzement darf nur für die Klassen D und E verwendet werden.

ANMERKUNG Für alle Mauerwerksklassen werden bei Vorhandensein von Alkalien und Temperaturen über 680 °C Steine mit einer geringen Gesamtporosität (maximal 10 %) empfohlen.

4.2.3.2 Mauerwerk Klasse A: beständig gegen „sehr starke chemische Beanspruchung“

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT1;
- Mörtel Typ MT1 (bei sehr starker chemischer Beanspruchung ausschließlich aufgrund von Säuren: Mörtel Typ MT2).

Die Grenzbetriebstemperatur von Mörtel Typ MT1 muss berücksichtigt werden, wenn außergewöhnliche Temperaturen zu erwarten sind.

Mauerwerk Klasse A, das mit Mörtel Typ MT1 errichtet wird, ist auch gegen alkalische Kondensate beständig.

4.2.3.3 Mauerwerk Klasse B: beständig gegen „starke chemische Beanspruchung“

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT2;
- Mörtel Typ MT2.

Die Verwendung von Mörtel Typ MT2 ist zulässig bei Temperaturen bis 1000 °C; wenn Temperaturschocks zu erwarten sind, ist die Beständigkeit der Steine gegen Temperaturwechsel von besonderer Bedeutung.

Mauerwerk Klasse B ist nicht beständig gegen alkalische Kondensate.

4.2.3.4 Mauerwerk Klasse C: beständig gegen „mittlere chemische Beanspruchung“

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT3;
- Mörtel Typ MT2.

Die Verwendung von Mörtel Typ MT2 ist zulässig bei Temperaturen bis 1 000 °C; wenn Temperaturschocks zu erwarten sind, ist die Beständigkeit der Steine gegen Temperaturwechsel von besonderer Bedeutung.

Mauerwerk Klasse C ist nicht beständig gegen alkalische Kondensate.

4.2.3.5 Mauerwerk Klasse D: beständig gegen „geringfügige chemische Beanspruchung“

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT4;
- Mörtel Typ MT3.

4.2.3.6 Mauerwerk Klasse E: darf keiner chemischen Beanspruchung ausgesetzt werden

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT4 oder BT5;
- Mörtel Typ MT3.

Mauerwerk Klasse E darf in Innenrohren verwendet werden, die immer sicher oberhalb des (Säure-)Taupunktes betrieben werden.

Steine vom Typ BT5 dürfen nur verwendet werden, wenn mechanische Beanspruchungen wie Erosion oder Abrieb nicht zu erwarten sind.

4.3 Wärmedämmung

Wärmedämmung darf verwendet werden, um den Temperaturgradienten im Innenrohr und im Tragrohr zu verringern und um den Wärmeverlust der Abgase zu reduzieren.

Für diesen Zweck stehen die folgenden Wärmedämmstoffe zur Verfügung:

- Dämmsteine;
- Mineralwollematten;
- Schaumglasblöcke;
- Fertigteile aus Vermiculite/Perlite;
- Calciumsilikatblöcke;
- Glaswollematten;
- Matten aus keramischer Faser.

Die Festigkeit und Standsicherheit der Wärmedämmstoffe müssen auch im Falle von Schwingungen aufgrund von möglichen pulsierenden Abgasdrücken sichergestellt sein.

5 Entwurf und Bemessung

5.1 Allgemeines

Im Abstand von höchstens 1,0 m vom Boden der untersten Abgaskanal-Einführung entfernt muss eine gasdichte Grundplatte vorhanden sein.

Geeignete Vorrichtungen müssen vorhanden sein, um saure Kondensate an einen sicheren Ort zu leiten.

5.2 Mindestwanddicke

Für die Bestimmung der Mindestwanddicke des Innenrohrs siehe Tabelle 2.

5.3 Innenrohrabstützungen

Abstützungen von Innenrohren aus Mauerwerk müssen eine angemessene Steifigkeit besitzen, um unzulässige ungleichförmige Abstützreaktionen auf das Innenrohr zu vermeiden. Zusätzlich muss bei mehrzügigen Schornsteinen die Verformung der stützenden Bühnen die Einhaltung des erforderlichen Abstandes zwischen dem oberen Ende des Innenrohrs und der oberen Bühne gewährleisten. Abstützungen aus Balkensegmenten, die ihrerseits durch einzelne, aus dem Tragrohr herausragende Konsolen abgestützt werden, müssen durch bewehrte Ortbetonfugen oder andere Mittel Torsionssteifigkeit erhalten.

5.4 Öffnungen

Zur Begrenzung der Auswirkungen unterschiedlicher Temperaturverteilung über den Umfang des Innenrohrs sollten Öffnungen zum Einleiten von Abgasen unterschiedlicher Temperaturen so angeordnet werden, dass ein gutes Durchmischen der einzelnen Abgasströme sichergestellt ist. Sie sollten so dicht wie möglich übereinander angeordnet sein, um das Durchmischen der einzelnen Abgasströme zu verbessern und die Temperaturunterschiede zu verringern, die sonst zu zusätzlichen Beanspruchungen im Mauerwerk führen könnten.

Tabelle 2 — Mindestwanddicken für Innenrohre aus Mauerwerk

	1	2	3	4
	Innendurchmesser d des Innenrohrs m	Mindestwanddicke mm		
		Mauersteine ohne Nut und Feder	Formsteine mit seitlicher Nut und Feder	Formsteine mit umlaufender Nut und Feder
1	$0 < d \leq 4,0$	115	100	64
2	$4,0 < d \leq 6,0$	115	100	80
3	$6,0 < d \leq 8,0$	115	100	100
4	$8,0 < d \leq 10,0$	—	120	120
5	$10,0 < d \leq 12,0$	—	140	140

5.5 Belüftung

Innenrohre aus Mauerwerk werden üblicherweise verwendet, wenn der Abgasdruck geringer als der Umgebungsdruck außerhalb des Mauerwerks auf gleicher Höhe ist. Ein Überdruck von begrenzter Dauer ist zulässig; dieser sollte jedoch bei der Beurteilung der chemischen Belastung berücksichtigt werden.

Wenn die strömungstechnischen Berechnungen zeigen, dass wesentliche Betriebszeiträume zu erwarten sind, in denen der Abgasdruck höher als der Druck in dem Raum zwischen Innenrohr und Tragrohr ist, so wird eine Druckerhöhung im Zwischenraum durch Gebläse und die Anordnung von Kompensatoren erforderlich.

Wird während des Betriebs eines Innenrohrs der Zugang in den Raum zwischen Innenrohr und Tragrohr erforderlich, so muss ausreichende Belüftung vorhanden sein, damit keine Abgase aus dem Innenrohr entweichen. Das Belüftungssystem muss den Anforderungen nach EN 13084-1:2000, 4.5 entsprechen.

Darüber hinaus kann die Belüftung auch zum Kühlen und zum Vermeiden wesentlicher thermischer Beanspruchungen der Innenrohrabstützungen genutzt werden.

5.6 Schutzschichten

Der Schutz der Betonoberflächen innerhalb des Tragrohres darf durch eine geeignete, chemikalienbeständige Beschichtung oder einen dünnen Überzug erfolgen, deren Dauerhaftigkeit und Langzeitbeständigkeit unter feuchten und trockenen Bedingungen im Abgas mit den zu erwartenden Betriebstemperaturen nachgewiesen wurden.

Es muss eine säurebeständige Beschichtung auf alle Teile der Stützkonstruktion aufgetragen werden, die für eine regelmäßige Inspektion und Wartung nur erschwert zugänglich sind. Zusätzlich muss eine säurebeständige Folie zwischen Abstützung und abgestütztem Mauerwerk vorgesehen werden. Diese Folie kann aus Blei oder einer anderen chemisch beständigen Beschichtung bestehen.

Ist ein begehbare Zwischenraum vorhanden, muss die Innenfläche des Tragrohres geschützt werden, insbesondere wenn wesentliche Betriebszeiträume mit Abgasüberdruck zu erwarten sind.

Horizontale Oberflächen von Wartungsvorrichtungen oder Abstützungen (Platten, Balken usw.) müssen über ein System zum Ableiten von Kondensaten verfügen, wenn die Bildung aggressiver Kondensate zu erwarten ist.

5.7 Zusatzeinrichtungen

5.7.1 Fugen

An den Fugen zwischen den Innenrohrabschnitten muss unter Betriebsbedingungen in jeder Richtung ein Abstand von mindestens 30 mm zwischen dem Innenrohr und dem nächsten Innenrohr oder seiner Abstützung sein.

ANMERKUNG Bei „sehr starker“ und „starker“ chemischer Beanspruchung neigt das Mauerwerk im Laufe der Zeit zu einer irreversiblen Ausdehnung infolge der chemischen Reaktion zwischen Mauerwerk und dem sauren Kondensat. Diese irreversible Ausdehnung kann bis zu 0,15 % betragen.

Die Fugen vermindern die Gasdichtheit des Innenrohrs; um ein Ansammeln von Ablagerungen und Kondensat zu verhindern, können die Fugen mit Matten, Schnüren und ähnlichen Materialien, deren Eigenschaften entsprechend den Betriebsbedingungen ausgewählt werden, ausgefüllt werden.

5.7.2 Kompensatoren

Ein Kompensator sollte geeignet sein, die Fugen zwischen den Abschnitten von Innenrohren aus Mauerwerk abzudichten, um die Gasdichtheit des Innenrohrs zu erhöhen (siehe Anhang C).

5.7.3 Einführungskanäle und Gebläse

Die Schwingungen von Einführungskanälen oder Gebläsen außerhalb des Schornsteines können zu Schwingungen des Innenrohrs führen. Die Übertragung dieser Schwingungen muss durch geeignete Maßnahmen verhindert werden.

6 Berechnung und Bemessung

6.1 Einwirkungen

6.1.1 Allgemeines

Zu berücksichtigende Einwirkungen sind in EN 13084-1 angegeben. Zusätzlich gelten die folgenden Festlegungen.

6.1.2 Windlasten

Das Innenrohr ist durch das Tragrohr gegen Wind geschützt, so dass bei Etagen-Innenrohren der Wind nur durch die dynamische Reaktion des Beton-Tragrohres wirken kann; d. h., es wird angenommen, dass die Beanspruchung in den Innenrohrabschnitten nur durch die Beschleunigung des Tragrohres in Höhe der Innenrohrabstützungen hervorgerufen wird.

ANMERKUNG 1 Die dynamische Reaktion des Beton-Tragrohres wird nur durch den Teil der zeitlich veränderlichen Windböen hervorgerufen, der den dynamischen Effekt erfasst (im Gegensatz zu dem Teil der Hintergrundturbulenz (background turbulence)). Ferner sind höhere Schwingungsformen der Beton-Tragrohrreaktion hinsichtlich dieser Böen unbedeutend. Folglich müssen nur die durch die Grundschiwingung des Tragrohres hervorgerufenen Beanspruchungen berücksichtigt werden. Ähnliche Betrachtungen gelten für die in Anhang D behandelten, d. h., es gibt keine Resonanzvergrößerung dieser Lasten. Bei typischen Schornsteinen ist die resultierende Spitzenbeschleunigung des Innenrohrs kleiner als $0,05 g$ und kann vernachlässigt werden.

Wenn die einzelnen Abschnitte von Etagen-Innenrohren wesentlich kürzer als die Höhe des Tragrohres sind, wird keine Resonanz durch Windanregung auftreten, und deshalb können Einwirkungen durch Wind vernachlässigt werden, ausgenommen für den gegebenenfalls über das Tragrohr überstehenden Teil des Innenrohres.

ANMERKUNG 2 Es wird empfohlen, den über das Tragrohr überstehenden Teil durch eine gesonderte konzentrisch angeordnete Abschirmung aus Beton oder Mauerwerk zu schützen.

6.1.3 Einwirkungen aus Erdbeben

Einwirkungen aus Erdbeben führen durch die Beschleunigung des Tragrohres in Höhe der Innenrohrabstützung zu Spannungen in den Innenrohrquerschnitten. Die Berechnung der dynamischen Beanspruchung ist in Anhang D enthalten.

6.1.4 Wärmeeinwirkungen

Wärmeeinwirkungen auf das Innenrohr aus Mauerwerk müssen in folgenden Fällen, in denen die Wärmeströmung Temperaturgradienten innerhalb des Innenrohres verursacht, berücksichtigt werden:

- stationäre Wärmeströmung;
- instationäre Wärmeströmung.

Spannungen infolge Wärmeeinwirkungen bei stationärer und bei instationärer Wärmeströmung können nach Anhang F berechnet werden.

Die größte Beanspruchung aus Wärmeeinwirkung bei stationärer Wärmeströmung wird durch die höchste zu erwartende Betriebstemperatur und die niedrigste Umgebungstemperatur verursacht.

Die größte Beanspruchung aus Wärmeeinwirkung bei instationärer Wärmeströmung kann berechnet werden, indem eine erhöhte Temperatur von $1,1 T_0$ oder $(T_0 + 30 \text{ K})$ angenommen wird, wobei der größere Wert gilt und T_0 die höchste Temperatur unter den zu erwartenden Betriebsbedingungen ist.

Wenn ein einzelnes Innenrohr aus Mauerwerk Abgase unterschiedlicher Temperatur aus zwei oder mehr Zügen abführt, kommt es im unteren Innenrohrabschnitt zu zusätzlichen Wärmeeinwirkungen. In diesen Fällen sollten Trennungen, die das Vermischen der Abgase behindern, nicht verwendet werden.

ANMERKUNG Im Allgemeinen sind Turbulenzen an den Abgaskanal-Einführungen, obwohl sie zu örtlichen Druckverlusten führen, nützlich, denn sie verstärken das Durchmischen der Abgasströme und reduzieren auf diese Weise die Temperaturunterschiede, die sonst höhere Spannungen im Mauerwerk verursachen würden.