

DIN EN 13084-6

DIN

ICS 91.060.40

**Freistehende Schornsteine –
Teil 6: Innenrohre aus Stahl –
Bemessung und Ausführung;
Deutsche Fassung EN 13084-6:2004**

Free-standing chimneys –
Part 6: Steel liners –
Design and execution;
German version EN 13084-6:2004

Conduits de fumée auto-portants –
Partie 6: Parois intérieures en acier –
Planification et exécution;
Version allemande EN 13084-6:2004

Gesamtumfang 18 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument wurde im CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird, ausgearbeitet.

Der nationale Spiegelausschuss 11.37.00 „Freistehende Industrieschornsteine“ (SpCEN/TC 297) hat von deutscher Seite die Arbeiten mit seinen Experten begleitet.

ICS 91.060.40

Deutsche Fassung

**Freistehende Schornsteine
Teil 6: Innenrohre aus Stahl
Bemessung und Ausführung**

Free-standing chimneys —
Part 6: Steel liners —
Design and execution

Conduits de fumée auto-portants —
Partie 6: Parois intérieures en acier —
Planification et exécution

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. Oktober 2004 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 | 6 |
| 4 Werkstoff | 6 |
| 4.1 Allgemeines | 6 |
| 4.2 Stähle | 7 |
| 5 Allgemeine Anforderungen an die Bemessung und Konstruktion | 7 |
| 5.1 Allgemeines | 7 |
| 5.2 Innenrohr | 7 |
| 5.3 Details des Innenrohres | 7 |
| 5.3.1 Abstützungen und/oder Führungen | 7 |
| 5.3.2 Öffnungen | 8 |
| 5.3.3 Drainagesystem | 8 |
| 5.3.4 Abdichtungen, Dichtungen und Dichtmassen | 8 |
| 5.3.5 Dehnungsfugen | 8 |
| 5.3.6 Schornsteinkopfabdeckung | 8 |
| 5.3.7 Wärmedämmung | 9 |
| 5.3.8 Ummantelung | 9 |
| 5.3.9 Innere Schutzauskleidung | 9 |
| 5.3.10 Blitzschutz | 9 |
| 5.4 Gasdichtheit | 9 |
| 5.5 Temperaturklassen | 10 |
| 6 Bemessung und Konstruktion | 10 |
| 6.1 Einwirkungen | 10 |
| 6.1.1 Allgemeines | 10 |
| 6.1.2 Eigenlasten | 11 |
| 6.1.3 Einwirkungen durch Wind | 11 |
| 6.1.4 Wärmeeinwirkungen | 11 |
| 6.1.5 Innerer Bemessungsdruck | 12 |
| 6.2 Nachweis | 13 |
| 6.2.1 Allgemeines | 13 |
| 6.2.2 Mechanische Werte | 13 |
| 6.2.3 Öffnungen am Innenrohr | 13 |
| 7 Herstellung | 13 |
| 7.1 Toleranzen | 13 |
| 7.2 Schutz der Oberflächen gegen chemische Angriffe | 13 |
| Anhang A (informativ) Berechnungsverfahren für Abgasströme mit unterschiedlichen Temperaturen | 14 |

| | Seite |
|--|-----------|
| Bilder | |
| Bild 1 — Lineare Temperaturdifferenz..... | 12 |
| Bild A.1 — Änderung der Temperaturdifferenz $\Delta T(z)$ über die Höhe des Innenrohres..... | 14 |
| Tabellen | |
| Tabelle 1 — Gasdichtheit..... | 10 |
| Tabelle 2 — Minimale Eckradien an Öffnungen im Innenrohr..... | 13 |
| Tabelle A.1 — Korrekturparameter der Wärmeübertragung A..... | 15 |
| Tabelle A.2 — Volumenparameter B..... | 15 |
| Tabelle A.3 — Parameter Eintrittsöffnungsbreite K..... | 16 |

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13084-6:2004) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Free-standing industrial chimneys“ 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 Mai 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2005 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm ist Teil 6 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 — Produktfestlegungen¹⁾*
- 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 Innenrohre aus Stahl¹⁾.*
- EN 13084-8, *Freistehende Schornsteine — Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen¹⁾*

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) Noch zu veröffentlichen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument befasst sich mit den besonderen Anforderungen und Ausführungskriterien für das Bemessen und Konstruieren von Innenrohrkonstruktionen aus Stahl bei freistehenden Schornsteinen. Es legt die Anforderungen an zylindrische Innenrohre aus Stahl, wie in EN 13084-1 angegeben, fest.

Dieses Dokument gilt für das Bemessen und Konstruieren folgender drei Grundtypen von Innenrohren, die sich in einer tragenden Konstruktion befinden:

- a) unten abgestütztes Innenrohr;
- b) Etageninnenrohr;
- c) hängendes Innenrohr.

Zusätzlich gilt dieses Dokument auch für einwandige Schornsteine, deren Oberfläche mit den Abgasen in Berührung kommt.

Innenrohre aus vorgefertigten Metallschornsteinen nach EN 1856-1 und EN 1865-2 werden als unten abgestützte Innenrohre mit zusätzlichen Abstützungen und Führungen, wie in diesem Dokument definiert, eingebaut.

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 1443, *Abgasanlagen — Allgemeine Anforderungen.*

EN 1856-1, *Abgasanlagen — Anforderungen an Metall-Abgasanlagen — Teil 1: Bauteile für System-Abgasanlagen.*

EN 1856-2, *Abgasanlagen — Anforderungen an Metallschornsteine — Teil 2: Innenrohre und Verbindungsstücke aus Metall.*

EN 1859:2000, *Abgasanlagen — Metallabgasanlagen — Prüfverfahren.*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln für Schalenkonstruktionen.*

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

EN 10028 (alle Teile), *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen.*

EN 10088 (alle Teile), *Nichtrostende Stähle.*

EN 10095, *Hitzbeständige Stähle und Nickellegierungen.*

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

prEN 13084-7:2001, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl.*

EN ISO 13920, *Welding — General tolerances for welded constructions — Dimensions for lengths and angles; Shape and position.*

IEC 62305, *Protection against lightning — Part 1: General principles.*

3 Begriffe

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

3.1

unten abgestütztes Innenrohr

Innenrohr, das nur am Fuß vertikal abgestützt ist

3.2

freistehendes Innenrohr

unten abgestütztes Innenrohr, das keine anderen horizontalen Abstützungen oder Halterung hat

3.3

geführtes Innenrohr

Innenrohr mit horizontalen Abstützungen und/oder Führungen, die freie Dehnungen erlauben

3.4

hängendes Innenrohr

Innenrohr, das vertikal am Kopf abgestützt ist

3.5

Etageninnenrohr aus Stahl

Innenrohr mit mindestens zwei unabhängig voneinander vertikal gestützten Abschnitten

3.6

Innenrohrabstützung

lasttragende Komponente, die das Innenrohr stützt

3.7

Abgaseinführung

Teil des Innenrohres, der die Abgase in das Innenrohr leitet

3.8

Gasstrom

Massen- oder Volumenstrom des Gases im Innenrohr je Zeiteinheit

3.9

einwandiger Schornstein

Innenrohr, das auch Einwirkungen aus Wind aufzunehmen hat

3.10

Leitbleche

Bleche, welche die Abgase in eine andere Richtung lenken

3.11

vorgefertigte Metallschornsteine

Schornsteine oder Innenrohre aus Metall, die nach EN 1856-1 und EN 1856-2 vorgefertigt werden.

4 Werkstoff

4.1 Allgemeines

Die zur Verwendung kommenden Werkstoffe sind auf der Grundlage der chemischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften auszuwählen und müssen die Anforderungen von EN 13084-1 und EN 1993-3-2 erfüllen.

Die verwendeten Werkstoffe dürfen keinen negativen Einfluss aufeinander haben.

Wenn vorgefertigte Metallschornsteine verwendet werden, müssen die zusätzlichen Anforderungen dieses Dokuments erfüllt werden.

4.2 Stähle

Die üblicherweise verwendeten Stähle sind in prEN 13084-7 angegeben.

Andere Stähle müssen die Anforderungen nach EN 1993-3-2 und EN 13084-1 erfüllen.

5 Allgemeine Anforderungen an die Bemessung und Konstruktion

5.1 Allgemeines

Angaben für die strömungstechnische Berechnung zur Ermittlung des lichten Innenrohrdurchmessers enthält EN 13084-1.

Die Ausdehnung der Werkstoffe infolge Temperatur ist zu berücksichtigen.

Die Klasse des chemischen Angriffes muss für Stahlinnenrohre und für vorgefertigte Metallschornsteine EN 13084-1 entsprechen.

5.2 Innenrohr

Das Innenrohr ist so zu entwerfen, zu berechnen und zu bemessen, dass es in der Lage ist, Einwirkungen aufzunehmen, die verursacht werden durch:

- Eigengewicht;
- Druck;
- Temperatur;
- Interaktionen zwischen dem stützenden und führenden System;
- Herstellung, Transport und Montage.

Die Dehnungen sind auf der Grundlage der Temperatur, der Länge und des Durchmessers des Innenrohres zu ermitteln.

Bei vorgefertigten Metallschornsteinen ist die freie Beweglichkeit des Innenrohres sicherzustellen.

5.3 Details des Innenrohres

5.3.1 Abstützungen und/oder Führungen

Abstützungen und/oder Führungen sind so zu entwerfen, zu berechnen und zu bemessen, dass sie in der Lage sind, die Einwirkungen aufzunehmen, die hervorgerufen werden durch

- Innenrohrkonstruktion;
- lasttragende Konstruktion;
- Wärmefluss;
- Herstellung, Transport und Montage.

Bei vorgefertigten Metallschornsteinen darf der Abstand zwischen horizontalen Abstützungen nicht größer sein als 75 % der vom Hersteller nach EN 1856-1 und EN 1856-2 erklärten Werte, jedoch maximal 3,0 m. Die freie, nicht abgestützte Höhe über der letzten Abstützung darf 66 % der vom Hersteller nach EN 1856-1 und EN 1856-2 erklärten Werte nicht überschreiten, jedoch maximal 2,0 m.

5.3.2 Öffnungen

Wenn in das Innenrohr Öffnungen geschnitten werden, z. B. für Abgaseinführungen, Messinstrumente oder Inspektionen, sind Beanspruchung und Stabilität in diesem Bereich unter Berücksichtigung aller auftretender Einwirkungen zu ermitteln.

Öffnungen im Innenrohr müssen gerundete Ecken haben. Details siehe 6.3.

Wenn vorgefertigte Metallschornsteine die in 6.3 angegebenen Kriterien nicht erfüllen können, kann eine geschweißte Einführungskonstruktion verwendet werden, die die Anforderungen dieses Dokuments und von prEN 13084-7 erfüllt. Die Verbindung zwischen der geschweißten Einführungskonstruktion und dem vorgefertigten Metallschornstein muss der Gasdichtheitsklasse des Innenrohres entsprechen.

Die Größe der Öffnungen ist entsprechend ihrer Nutzung festzulegen.

Mannlöcher müssen einen Mindestquerschnitt von $0,28 \text{ m}^2$ und eine lichte Weite von mindestens 0,45 m haben.

Reinigungs- und Inspektionsöffnungen müssen so angeordnet werden, dass der Boden des Innenrohres eingesehen und wenn nötig gereinigt werden kann.

Wenn Öffnungen innerhalb des Tragrohres angeordnet sind, müssen sie der Gasdichtheitsklasse des Innenrohres entsprechen.

Wenn ein belüfteter Zwischenraum erforderlich ist muss eine geeignete Vorrichtung zur Begutachtung dieses Zwischenraumes vorhanden sein.

5.3.3 Drainagesystem

Für das Ableiten des Kondensates sind angemessene Vorkehrungen vorzusehen.

Das Drainagesystem ist entsprechend den Betriebsbedingungen zu dimensionieren und anzupassen.

Diese Norm befasst sich nicht mit der Entfernung und Beseitigung von Kondensat und Abfallprodukten vom Endpunkt des vom Schornsteinhersteller eingebauten Drainagesystems. Es sollte berücksichtigt werden, dass weder das Kondensat und die Abfallprodukte gefrieren können noch Kaltluft in das Innenrohr zurückströmen kann.

5.3.4 Abdichtungen, Dichtungen und Dichtmassen

Bei der Verwendung von Abdichtungen, Dichtungen und Dichtmassen ist deren Einfluss auf das Bauwerk zu berücksichtigen.

5.3.5 Dehnungsfugen

Dehnungsfugen müssen so entworfen, berechnet und bemessen werden, dass sie den Bewegungen aus Temperaturdehnungen, den Bewegungen des Schornsteines, den planmäßigen Drücken und der Zusammensetzung des Abgases standhalten.

Dehnungsfugen müssen dieselbe Gasdichtheit wie das Innenrohr haben.

5.3.6 Schornsteinkopfabdeckung

Die Schornsteinkopfabdeckung schützt den Zwischenraum zwischen dem(n) Innenrohr(en) und dem Tragrohr gegen das Eindringen von Witterung und Abgasen.

Die Auswirkungen von chemischen Einwirkungen sind zu berücksichtigen.

5.3.7 Wärmedämmung

Abweichend von EN 13084-1:2000, 4.3.2, muss die Wärmedämmung und/oder Ummantelung ausreichend sicherstellen, dass unter normalen Betriebsbedingungen bei einer Umgebungstemperatur von 15 °C die Oberflächentemperatur 50 °C, ohne Berücksichtigung der Sonneneinstrahlung, nicht überschritten wird, sofern der Schutz von Personen gefordert wird.

Die Wärmedämmung ist entsprechend zu befestigen, um das Abrutschen und/oder Zusammensacken zu verhindern. Dies kann durch Festheften und/oder Bandagieren erreicht werden.

Wenn die Wärmedämmung nicht durch eine Ummantelung abgedeckt ist, ist sie durch Maschendraht, Gewebe, Aluminiumfolie usw. abzudecken.

Die Wärmedämmung ist so anzubringen, dass an den Stößen die Lücken klein gehalten werden.

Der Einfluss von Wärmebrücken auf die Konstruktion des Innenrohres ist zu berücksichtigen.

5.3.8 Ummantelung

Die Ummantelung ist so auszubilden, herzustellen und zu befestigen, dass unterschiedliche thermische Dehnungen möglich sind und das Eindringen der Witterung verhindert wird.

Die Ummantelung ist durch Nieten, Schrauben oder andere geeignete Mittel ausreichend anzubringen und zu befestigen.

5.3.9 Innere Schutzauskleidung

Innere Schutzauskleidung, (wie Ausmauerung, Wärmedämmung und Ummantelung) kann aus einem oder mehreren der folgenden Gründe notwendig werden:

- a) Schutz gegen chemische Angriffe;
- b) Schutz gegen hohe Temperaturen;
- c) Schutz gegen Feuer im Innenrohr.

Für die Auswahl und Anbringung von inneren Schutzauskleidungen sollte Rat von Spezialisten eingeholt werden.

5.3.10 Blitzschutz

Blitzschutz muss in Übereinstimmung mit EN 13084-1 und IEC 62305-1 sein.

5.4 Gasdichtheit

Die Gasdichtheitsklasse sollte nach Tabelle 1 festgelegt werden.

Wenn die Gasdichtheitsklasse nicht festgelegt ist, ist die Klasse H0 anzuwenden.

Tabelle 1 — Gasdichtheit

| Klasse | Leckrate $l\ s^{-1}\ m^{-2}$ | Prüfdruck Pa | Kommentare | Maximaler Betriebsdruck Pa | Anmerkung |
|--------|---------------------------------|-----------------|---|--|---------------|
| H0 | 0,000 | 5 000 | Kein belüfteter Zwischenraum erforderlich | Entsprechend Entwurf, Berechnung und Bemessung | |
| H1 | 0,006 | 5 000 | Belüfteter Zwischenraum erforderlich | 1 000 | siehe EN 1443 |
| H2 | 0,120 | 5 000 | In freistehenden Schornsteinen nicht zu verwenden | — | siehe EN 1443 |
| P1 | 0,006 | 200 | Belüfteter Zwischenraum erforderlich | 40 | siehe EN 1443 |
| P2 | 0,120 | 200 | In freistehenden Schornsteinen nicht zu verwenden | — | siehe EN 1443 |
| N1 | 2,0 | 40 | In freistehenden Schornsteinen nicht zu verwenden | — | siehe EN 1443 |
| N2 | 3,0 | 20 | In freistehenden Schornsteinen nicht zu verwenden | — | siehe EN 1443 |

Wenn ein belüfteter Zwischenraum erforderlich wird, ist seine Wirksamkeit durch eine thermische und strömungstechnische Berechnung nachzuweisen. Es ist nachzuweisen, dass der Belüftungsstrom mindestens dem 20fachen der in der Tabelle genannten Leckrate entspricht. Der belüftete Zwischenraum muss eine Breite von mindestens 50 mm haben.

Falls die innere Oberfläche des Tragrohres einen Schutzanstrich hat oder nach prEN 13084-7:2001, Tabelle 4 entworfen wurde, kann der maximale Betriebsdruck um den Faktor 2,5 erhöht werden, jedoch bleiben der in der Tabelle angegebene Prüfdruck und die maximale Leckrate unverändert.

Wenn Nachfolgendes eingehalten wird, kann, ohne Tests durchzuführen, die Klasse H0 angenommen werden:

- voll verschweißte Verbindungen;
- Schraubverbindungen mit einem maximalen Schraubenabstand von 5-mal dem Schraubendurchmesser, eine Flanschdicke von mindestens dem 1,0fachen Schraubendurchmesser und einer Flanschdichtung.

Wenn eine Flanschdichtung verwendet wird, muss diese für die Anforderungen, die an die Bemessung des Innenrohres bei Normal- und planmäßiger Betriebstemperatur gestellt werden, geeignet sein.

Dichtungsringe dürfen in lastübertragenden Fugen nicht verwendet werden, es sei denn, sie sind speziell für diesen Einsatz ausgelegt.

5.5 Temperaturklassen

Die Temperaturklasse muss festgelegt werden.

Temperaturklassen siehe Tabelle 5 von prEN 13084-7:2001.

6 Bemessung und Konstruktion

6.1 Einwirkungen

6.1.1 Allgemeines

Einwirkungen sind nach EN 13084-1 zu ermitteln.

6.1.2 Eigenlasten

Die Eigenlast besteht aus dem Gewicht des Innenrohres und aller angebauten Komponenten.

Über längere Zeit am Innenrohr anhaftende Asche und Staub, sowie sich lösendes und zu Boden fallendes Material müssen berücksichtigt werden.

6.1.3 Einwirkungen durch Wind

Einwirkungen auf das Innenrohr infolge der Auslenkung des lastabtragenden Systems sind zu berücksichtigen.

Wenn das Innenrohr das Tragrohr überragt, müssen die Einwirkungen des Windes darauf bei der Berechnung zu berücksichtigen.

Der Windsog ist nach EN 1993-1-6 zu berücksichtigen.

6.1.4 Wärmeeinwirkungen

6.1.4.1 Allgemeines

Zur Berechnung der thermischen Einflüsse siehe EN 13084-1.

Wärmeeinwirkungen sind für alle Abgaskombinationen an der Abgaseinführung auf der Grundlage der Entwurfsbedingungen zu untersuchen.

Durch unterschiedliche Abgastemperaturen können beim Innenrohr sehr komplexe Verformungen mit zunehmenden Spannungen im Werkstoff, besonders im Bereich der Einführung, auftreten. Falls die Konstruktion nicht in der Lage ist, diese Spannungen aufzunehmen, können folgende Änderungen vorgenommen werden:

- a) Abgase vor dem Abgaseintritt mischen, um die Temperaturunterschiede zu minimieren;
- b) verschiedene Abgase in getrennten Innenrohren;
- c) konstruktive Details, um temperaturbedingte Spannungen zu minimieren.

Wenn Leit- oder Trennbleche verwendet werden, um die Strömungsdruckverluste zu reduzieren, reduzieren diese auch das Vermischen der Abgase.

6.1.4.2 Temperaturdifferenz

Beim Fehlen genauerer Angaben ist das Innenrohr für eine über den Umfang verteilte Temperaturdifferenz des Materials, wie in Bild 1 dargestellt, zu bemessen. Für ΔT muss der kleinere Wert der Gleichungen (1) bzw. (2) angesetzt werden.

$$\Delta T = 0,1 T_{\max} \quad \text{aber mindestens } \Delta T = 15 \text{ K} \quad (1)$$

$$\Delta T = \Delta T' D \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

Dabei ist

T_{\max} die maximale Materialtemperatur auf Grund der Bemessungsabgastemperatur in ° C;

$\Delta T'$ der Temperaturgradient in K je m;

$$\Delta T' = 4 \frac{T_{\max}}{150} \quad \text{aber mindestens } \Delta T' = 4,0 \text{ k/m;} \quad (3)$$

D der Durchmesser in m.

Im Falle unterschiedlicher Abgastemperaturen können höhere Werte von ΔT auftreten. Ein Verfahren zur Berechnung ist im informativen Anhang A angegeben.

Die Änderung der Temperaturdifferenz über die Höhe des Innenrohrs, von der Achse des Abgaseintrittes bis zur Mündung, kann nach Anhang A ermittelt werden.

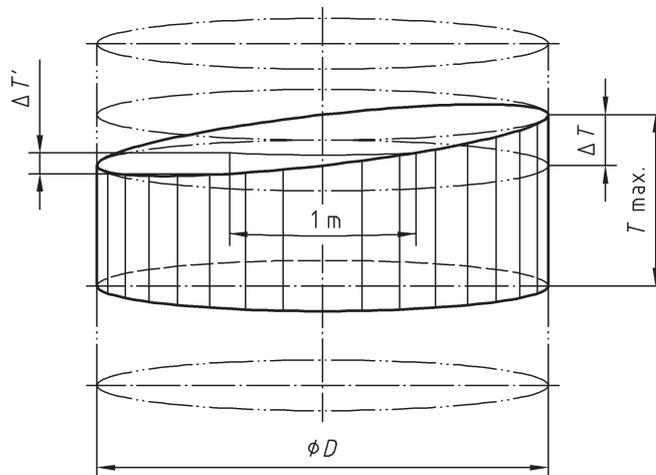


Bild 1 — Lineare Temperaturdifferenz

6.1.4.3 Russbrand

Die Einwirkung aus Russbrand ist als kurzzeitig wirkend anzunehmen. Um die Anforderungen aus dieser Einwirkung zu erfüllen, ist festzulegen, welche der folgenden drei Maßnahmen anzuwenden sind.

- a) Prüfung nach EN 1859:2000, 4.5.3.2,
- b) thermische Berechnungen nach EN 13084-1 unter Anwendung der unten angegebenen Bedingungen,
- c) Herstellung entsprechend den folgenden vier Mindestbedingungen:
 - Innenrohr mit einer tragenden äußeren Schale;
 - Innenrohr aus Stahl nach EN 10028, EN 10088 oder EN 10095, wie in prEN 13084-7, Tabelle 1 angegeben, mit einer minimalen abgerosteten Wanddicke von 1,5 mm;
 - Wärmedämmung des Innenrohres aus 50 mm dicker Mineralwolle. Die Mineralwolle muss einer Temperatur von 650 °C standhalten, eine Mindestdichte von 80 kg/m³ haben und mit Maschendraht ummantelt sein;
 - ein mindestens 30 mm breiter Luftspalt zwischen der Wärmedämmung und dem Tragrohr.

Falls die Russbrandbeständigkeit rechnerisch nach b) ermittelt wird, ist die Temperatur des Abgases innerhalb von 10 min von 20 °C auf 1 000 °C zu steigern. Diese hohe Temperatur ist über eine Dauer von 30 min zu halten. Die Temperatur der äußeren Oberfläche darf nicht höher als 80 °C werden.

6.1.5 Innerer Bemessungsdruck

Für die Ermittlung der Einwirkungen aus inneren Drücken siehe Anhang A von EN 13084-1:2000.

Durch plötzliche Unterbrechung und/oder Pulsation des Gasstromes können zusätzliche Einwirkungen aus inneren Drücken auftreten. Die Möglichkeit solcher Einwirkungen anzugeben.

Falls Abgaspulsation auftritt, sollten Ursache und Auswirkungen untersucht werden.

6.2 Nachweis

6.2.1 Allgemeines

Die Beanspruchungen sowohl in horizontalen als auch in vertikalen Querschnitten sind nach ENV 1993-3-2 nachzuweisen.

Innenrohre, die nicht unmittelbar durch Wind belastet werden, sind der Sicherheitsklasse „gering“ nach EN 1993-3-2 zuzuordnen.

6.2.2 Mechanische Werte

Die Streckgrenze ist nach Tabelle 1 von prEN 13084-7:2001 anzusetzen.

Der E-Modul ist nach Tabelle 2 von prEN 13084-7:2001 anzusetzen.

Für die Wärmeausdehnungskoeffizienten siehe Tabelle 3 von prEN 13084-7:2001.

6.2.3 Öffnungen am Innenrohr

Ecken in Öffnungen des Innenrohres müssen nach Tabelle 2 ausgerundet sein.

Tabelle 2 — Minimale Eckradien an Öffnungen im Innenrohr

| Die maximalen rechnerischen Spannungen (Biegung oder Ermüdung) | > 75 % | > 50% | > 35 % | > 10 % | ≤ 10 % |
|---|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|
| | der maximal zulässigen Spannungen | | | | |
| Minimaler Radius R der Ecken | 10 t | 8 t | 5 t | 2 t | — |
| Der größere Wert ist anzuwenden | 10 mm | | | | 5 mm |
| t = Wanddicke des Innenrohres | | | | | |

7 Herstellung

7.1 Toleranzen

Die zulässigen Herstellungstoleranzen für die Innenrohrschale nach EN 1993-3-2 und EN 1993-1-6 sind anzugeben.

Andere Herstellungstoleranzen für geschweißte Konstruktionen sind in EN ISO 13920 angegeben..

7.2 Schutz der Oberflächen gegen chemische Angriffe

Die äußeren und inneren Oberflächen eines Stahlinnenrohres können vor Umwelteinflüssen und korrosiven Gasen durch verschiedene Methoden geschützt werden: Anstriche, metallische Überzüge, Korrosionszuschlag, Ausmauerung, Ummantelung, Wahl nichtkorrodierender Werkstoffe usw.

Die Art des Oberflächenschutzes muss auf der Grundlage von Erfahrungen oder auf Rat eines Spezialisten ausgewählt werden.

Für den Korrosionszuschlag bei Oberflächen, die mit den Abgasen in Kontakt kommen (innere Korrosion), siehe Tabelle 4 von prEN 13084-7:2001.

Für den äußeren Korrosionszuschlag siehe Tabelle 5.1 der EN 1993-3-2.

Anhang A (informativ)

Berechnungsverfahren für Abgasströme mit unterschiedlichen Temperaturen

Die Ermittlung der sich über die Höhe und den Umfang des Innenrohres ändernden Temperaturdifferenzen ist ein sehr komplexes Problem. Beim Fehlen exakter Verfahren kann für den Fall, dass 2 Abgasströme in das Innenrohr eingeleitet werden, die folgende Näherung angewendet werden (Bild A.1):

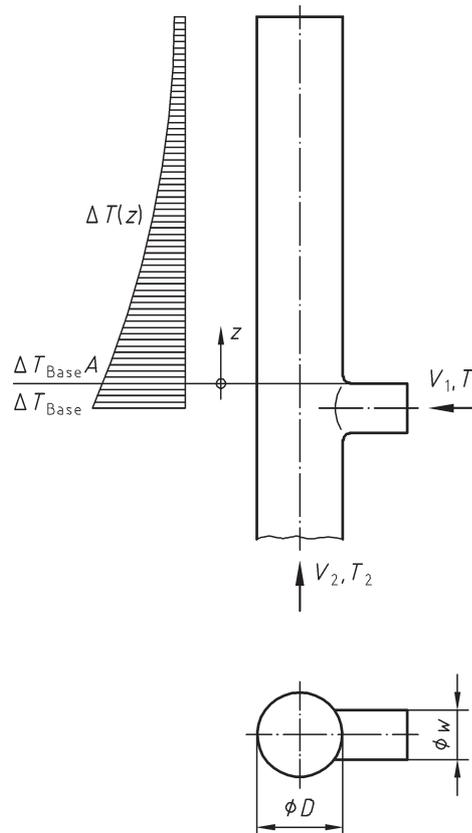


Bild A.1 — Änderung der Temperaturdifferenz $\Delta T(z)$ über die Höhe des Innenrohres

Die Änderung der Temperaturdifferenz $\Delta T(z)$ über die Höhe des Innenrohres kann nach Gleichung (A.1) ermittelt werden

$$\Delta T(z) = \Delta T_{\text{Base}} \cdot A \cdot e^{-BKz/D} \tag{A.1}$$

Dabei ist

- ΔT_{Base} der Absolutwert der Temperaturdifferenz der beiden Abgasströme $\Delta T_{\text{Base}} = |T_1 - T_2|$, aber mindestens der kleinere Wert von ΔT nach Gleichung (1) bzw. Gleichung (2);
- A Korrekturparameter der Wärmeübertragung nach Tabelle A.1;
- B Volumenparameter nach Tabelle A.2;

- K Parameter der Eintrittsöffnungsbreite nach Tabelle A.3;
 z Höhe über Oberkante der Eintrittsöffnung;
 D Durchmesser des Innenrohres;
 w Breite der Eintrittsöffnung;
 V_1, V_2 Volumen der Abgasströme 1 bzw. 2;
 T_1, T_2 Temperatur der Abgasströme 1 bzw. 2.

Gleichung (A.1) kann auch für nur einen Abgasstrom verwendet werden. In diesem Fall sollten die folgenden Werte angesetzt werden:

ΔT_{Base} = kleinster Wert von ΔT nach Gleichung (1) bzw. Gleichung (2);

$V_1/V_2 = 1$.

Tabelle A.1 — Korrekturparameter der Wärmeübertragung A

| ΔT_{Base} K | Korrekturparameter der Wärmeübertragung A |
|-------------------------------|--|
| 0 | 1,00 |
| 50 | 0,96 |
| 100 | 0,92 |
| 150 | 0,86 |
| 200 | 0,79 |
| 250 | 0,74 |
| 300 | 0,69 |
| 350 | 0,65 |
| 400 | 0,62 |

Der Korrekturparameter A der Wärmeübertragung kann nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$A = 1 - 5,792 \times 10^{-4} \times \Delta T_{\text{Base}} - 3,392 \times 10^{-6} \times \Delta T_{\text{Base}}^2 + 6,195 \times 10^{-9} \times \Delta T_{\text{Base}}^3 \quad (\text{A.2})$$

Tabelle A.2 — Volumenparameter B

| Verhältnis der Volumenströme V_1/V_2 | Volumenparameter B |
|---|-------------------------|
| 1,0 | 0,40 |
| 0,8 | 0,48 |
| 0,6 | 0,57 |
| 0,4 | 0,65 |

Der Volumenparameter B kann nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$B = 0,82 - 0,42 \times V_1/V_2 \quad (\text{A.3})$$

Tabelle A.3 — Parameter der Eintrittsöffnungsbreite K

| Verhältnis der Eintrittsöffnungsbreite D/w | Parameter der Eintrittsöffnungsbreite K |
|--|---|
| 1,0 | 1,00 |
| 1,2 | 1,03 |
| 1,4 | 1,07 |
| 1,6 | 1,10 |
| 1,8 | 1,13 |
| 2,0 | 1,17 |
| 2,2 | 1,20 |

Der Parameter der Eintrittsöffnungsbreite K kann nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$K = 0,832 + 0,168 \times D/w \quad (\text{A.4})$$