

DIN EN 1457-2



ICS 91.060.40

Ersatzvermerk
siehe unten

**Abgasanlagen –
Keramik-Innenrohre –
Teil 2: Innenrohre für Nassbetrieb - Anforderungen und Prüfungen;
Deutsche Fassung EN 1457-2:2012**

Chimneys –
Clay/ceramic flue liners –
Part 2: Flue liners operating under wet conditions - Requirements and test methods;
German version EN 1457-2:2012

Conduits de fumée –
Conduits intérieurs en terre cuite/céramique –
Partie 2: Exigences et méthodes d'essai pour utilisation en conditions humides;
Version allemande EN 1457-2:2012

Ersatzvermerk

Mit DIN EN 1457-1:2012-04 Ersatz für DIN EN 1457:2003-04, DIN EN 1457 Berichtigung 1:2006-10,
DIN EN 1457 Berichtigung 2:2007-08 und DIN EN 1457/A20:2007-09
Siehe Anwendungsbeginn

Gesamtumfang 56 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist voraussichtlich 2012-04-01.

Die CE-Kennzeichnung von Bauprodukten nach dieser DIN-EN-Norm in Deutschland kann erst nach der Veröffentlichung der Fundstelle dieser DIN-EN-Norm im Bundesanzeiger von dem dort genannten Termin an erfolgen.

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1457-2:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 166 „Abgasanlagen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von ASI (Österreich) gehalten wird.

Der nationale Spiegelausschuss, der die Arbeiten mit seinen Experten begleitet hat, ist der NABau-Arbeitsausschuss NA 005-11-36 AA „Abgasanlagen aus Keramik und Beton“ (SpA CEN/TC 166/SC1 und WG 3).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1457:2003-04, DIN EN 1457 Berichtigung 1:2006-10, DIN EN 1457 Berichtigung 2: 2007-08 und DIN EN 1457/A20:2007-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm wurde in zwei Teile aufgeteilt: Teil 1 für Trockenbetrieb, Teil 2 für Nassbetrieb;
- b) der Anwendungsbereich wurde präzisiert;
- c) die Norm wurde insgesamt umstrukturiert.

Frühere Ausgaben

DIN 18174-4:1982-11
DIN EN 1457: 1999-06, 2003-04
DIN EN 1457 Berichtigung 1: 2006-10
DIN EN 1457 Berichtigung 2: 2007-08
DIN EN 1457/A20: 2007-09

Deutsche Fassung

Abgasanlagen —
Keramik-Innenrohre —
Teil 2: Innenrohre für den Nassbetrieb —
Anforderungen und Prüfungen

Chimneys —
Clay/ceramic flue liners —
Part 2: Flue liners operating under wet conditions —
Requirements and test methods

Conduits de fumée —
Conduits intérieurs en terre cuite/céramique —
Partie 2: Exigences et méthodes d'essai pour utilisation en
conditions humides

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. Dezember 2011 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 des CEN-CENELEC 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Innenrohre und Öffnungen	7
4.1 Innenrohrquerschnitte	7
4.2 Inspektionsöffnungen und Anschlussformstücke	8
5 Innenrohrtypen	8
6 Werkstoffe	9
7 Maßtoleranzen	9
7.1 Querschnittsmaße	9
7.2 Länge	10
7.3 Winkel der Krümmung	10
7.4 Geradheit	10
7.5 Rechtwinkligkeit der Rohrenden	10
7.6 Abweichung von der Querschnittsform	10
7.7 Fugenausbildung	10
8 Prüflast	10
8.1 Gerade Innenrohre	10
8.2 Gekrümmte Innenrohre	10
8.3 Mindestlast für Inspektionsöffnungsabschnitte	10
9 Gasdichtheit/Leckage, Temperaturbeständigkeit und Russbrandbeständigkeit für gerade Innenrohre	11
9.1 Erstprüfung	11
9.2 Endgültige Beurteilung der Gasdichtheit nach der Prüfung	11
10 Dauerhaftigkeit	13
10.1 Korrosionswiderstand	13
10.2 Frost/Tau-Wechselbeständigkeit	13
11 Wasseraufnahme und Rohdichte	13
11.1 Allgemeines	13
11.2 Wasseraufnahme	13
11.3 Rohdichte	13
12 Abriebbeständigkeit	13
13 Kondensatbeständigkeit und Strömungswiderstand	13
13.1 Kondensatbeständigkeit (Wasserdampfdurchlässigkeit)	13
13.2 Strömungswiderstand	14
14 Wärmedurchlasswiderstand	14
15 Konformitätsbewertung	14
15.1 Allgemeines	14
15.2 Erstprüfung	14
15.3 Weitere Typprüfungen	15
15.4 Werkseigene Produktionskontrolle	15

16	Prüfverfahren	16
16.1	Maße.....	16
16.2	Länge	16
16.3	Winkel der Krümmung	16
16.4	Geradheit	16
16.5	Rechtwinkligkeit der Enden des Innenrohrs	17
16.6	Abweichung von der Querschnittsform	19
16.7	Prüflast	20
16.8	Thermische Prüfung.....	21
16.9	Korrosionswiderstand	25
16.10	Wasseraufnahme.....	26
16.11	Rohdichte	27
16.12	Abriebbeständigkeit	28
16.13	Bestimmung der Wasserdampfdiffusion (indirektes Verfahren).....	29
17	Bezeichnung	34
18	Kennzeichnung.....	35
Anhang A (normativ) Probenahmeverfahren für eine annehmbare Qualitätsgrenzlage (AQL) von 10 % und ein Prüfniveau S2.....		
		36
A.1	Bestimmung der Annahmekriterien	36
A.2	Übliches Überwachungsverfahren	36
A.3	Wechsel von üblicher zu reduzierter Überwachung	38
A.4	Wechsel von reduzierter zu üblicher Überwachung	38
A.5	Strenge Überwachung	38
A.6	Wechsel von strenger zu üblicher Überwachung	39
A.7	Unterbrechung der Überwachung	39
Anhang B (normativ) Wärmedurchlasswiderstand		
		40
B.1	Verfahren 1: Vereinfachte Berechnung des Wärmedurchlasswiderstands für Innenrohre ohne Hohlräume	40
B.2	Verfahren 2: Wärmedurchlasswiderstand für Innenrohre mit Hohlräumen oder ohne Hohlräume	40
B.3	Verfahren zur Bestimmung von Näherungswerten für den Durchlasswiderstand.....	45
Anhang C (normativ) Messtechnische Ermittlung des Reibungsbeiwerts von Abgasanlagen.....		
		46
Anhang ZA (informativ) Abschnitte dieser Europäischen Norm, die Bestimmungen der EU-Bauproduktenrichtlinie betreffen		
		48
ZA.1	Anwendungsbereich und relevante Eigenschaften	48
ZA.2	Verfahren der Konformitätsbescheinigung von Keramik-Innenrohren und -Formstücken	50
ZA.3	CE-Kennzeichnung und Etikettierung	51
Literaturhinweise		
		54

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1457-2:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 33 „Türen, Tore, Fenster, Abschlüsse, Baubeschläge und Vorhangfassaden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom ASI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juli 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juli 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 1457:1999.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

EN 1457 wird in zwei Teilen veröffentlicht:

EN 1457-1, *Abgasanlagen — Keramik-Innenrohre — Teil 1: Innenrohre für Trockenbetrieb — Anforderungen und Prüfungen*

EN 1457-2, *Abgasanlagen — Keramik-Innenrohre — Teil 2: Innenrohre für Nassbetrieb — Anforderungen und Prüfungen*

Die hauptsächlichen Änderungen zur vorherigen Fassung sind:

EN 1457 wurde in zwei Teile aufgeteilt: EN 1457-2 ist eine Produktnorm für Keramik-Innenrohre für Nassbetrieb.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm ist eine Produktnorm für Keramik-Innenrohre mit massiven oder vertikal gelochten Wandungen, die in mehrschaligen Abgasanlagen unter feuchten Bedingungen verwendet werden und die dazu dienen, Verbrennungsprodukte von Feuerstätten oder Wärmeerzeuger durch Über- oder Unterdruck an die Außenluft abzuleiten. Diese Norm behandelt Innenrohre für Haus- und Industrieabgasanlagen, die nicht freistehend sind. Diese Norm enthält Festlegungen der Leistungsanforderungen an werkmäßig hergestellte Innenrohre und Formstücke. Sie enthält ferner die Anforderungen an die thermische Prüfung mit oder ohne Wärmedämmung, an die Kennzeichnung und die Qualitätskontrolle. Innenrohre, die nach der vorliegenden Norm festgelegt sind, entsprechen den Anforderungen von EN 1457-1 bei gleichen Bedingungen für Betriebstemperatur, Druck, Bezeichnung und Rußbrandbeständigkeit.

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 312, *Spanplatten — Anforderungen —*

EN 1443:2003, *Abgasanlagen — Allgemeine Anforderungen*

EN 10088-1, *Nichtrostende Stähle — Teil 1: Verzeichnung der nichtrostenden Stähle*

EN 13384-1:2002+A2:2008, *Abgasanlagen — Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren — Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte*

EN 14297:2004, *Abgasanlagen — Prüfanforderungen für die Frost-Tauwechselbeständigkeit für Produkte für Abgasanlagen*

EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren (ISO 6946)*

EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen und einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung (ISO 7500-1)*

ISO 2859-1, *Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1443:2003 und die folgenden Begriffe.

3.1

Nennmaß

Zahlenwert für das Maß, das eine geeignete runde Zahl ist, die gleich oder ungefähr gleich dem Folgenden ist:

- a) dem Innendurchmesser von Innenrohren mit kreisförmigem Querschnitt;
- b) der lichten Breite von Innenrohren mit quadratischem Querschnitt;
- c) der lichten Breite und der lichten Seitenlänge des Querschnitts von Innenrohren mit rechteckigem Querschnitt

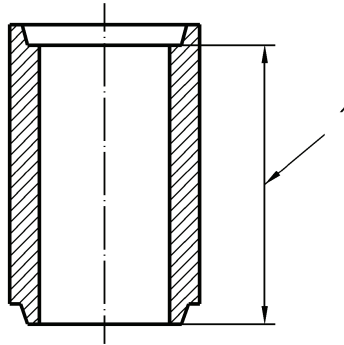
ANMERKUNG Das Nennmaß wird in Millimeter angegeben.

3.2

Nennlänge

Zahlenwert der Innenlänge eines geraden Innenrohrs, in Millimeter, angegeben als geeignete runde Zahl, die der Innenlänge des Innenrohrs ungefähr entspricht

ANMERKUNG Siehe Bild 1.



Legende

1 Innenlänge

Bild 1 — Innenlänge

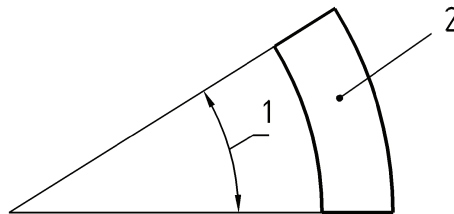
3.3

Nennwinkel der Krümmung

der von einem gekrümmten Innenrohr gebildete Winkel

ANMERKUNG 1 Der Nennwinkel der Krümmung wird in Grad angegeben.

ANMERKUNG 2 Siehe Bild 2.



Legende

1 Winkel der Krümmung
2 Gekrümmtes Innenrohr

Bild 2 — Winkel der Krümmung

3.4

Nassbetrieb

Betrieb einer Abgasanlage unter normalen Bedingungen, wobei die Temperatur der inneren Oberfläche des Innenrohrs gleich dem Wasserdampftaupunkt ist oder darunter liegt

3.5

Trockenbetrieb

Betrieb einer Abgasanlage unter normalen Bedingungen, wobei die Temperatur der inneren Oberfläche des Innenrohrs über dem Wasserdampftaupunkt liegt

4 Innenrohre und Öffnungen

4.1 Innenrohrquerschnitte

Innenrohre müssen entweder:

- a) einen kreisförmigen oder quadratischen Querschnitt mit Nut und Feder oder mit Muffenverbindungen;
- b) einen quadratischen oder rechteckigen Querschnitt mit Nut und Feder und abgerundeten Innenkanten;
- c) einen kreisförmigen, quadratischen oder rechteckigen Querschnitt mit stumpfen Stößen und einer Manschette;
- d) einen kreisförmigen oder quadratischen Querschnitt mit kegelförmigen Fugen

aufweisen.

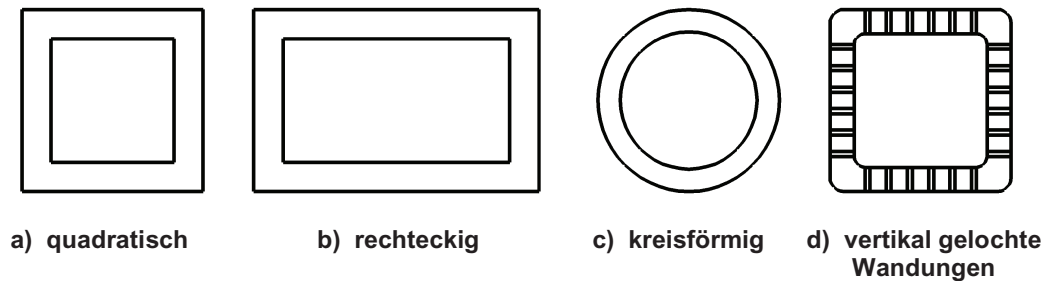


Bild 3 — Beispiele für Querschnitte

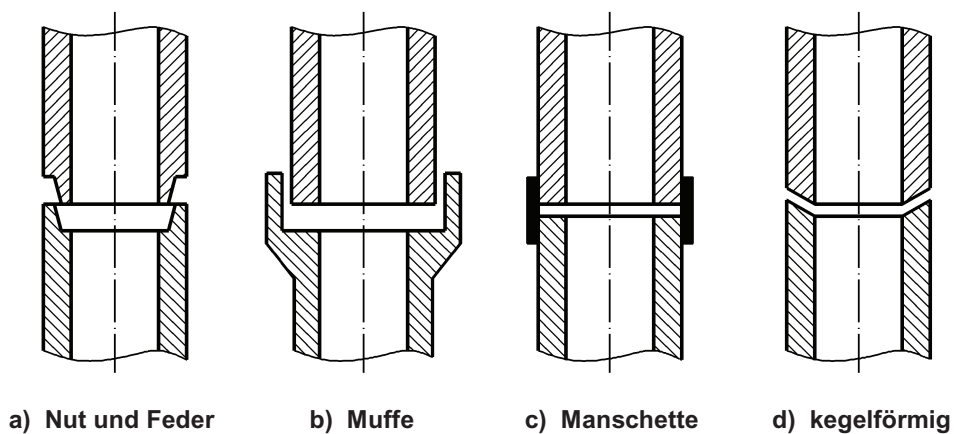


Bild 4 — Fugenanordnung

4.2 Inspektionsöffnungen und Anschlussformstücke

Inspektionsöffnungen werden für die Kontrolle und Reinigung der Innenrohre sowie das Entfernen des Rußes verwendet und müssen, sofern zutreffend, die Anforderungen an Innenrohre erfüllen.

Alle Inspektionsöffnungen müssen eine Tür haben.

Eine Inspektionsöffnung muss eine Tür mit einer separaten Feuchtigkeitssperre haben oder aus 2 Platten bestehen.

Anschlussformstücke dienen zum Anschluss der Feuerstätte an das Innenrohr. Anschlussformstücke sind zweckentsprechende T-Stücke oder Innenrohrabschnitte mit einer Öffnung, an der Abzweigungen befestigt sind. Die Winkel der Abzweigungen können 45° bis 95° betragen (α in Bild 5). An der Verbindungsstelle weisen die Außenschalen entsprechende Öffnungen auf.

Anschlussformstücke sollten die gleiche Querschnittsfläche wie das Innenrohr aufweisen. Verringerungen oder Erweiterungen sind akzeptabel, sofern der Strömungswiderstand nicht erhöht wird.

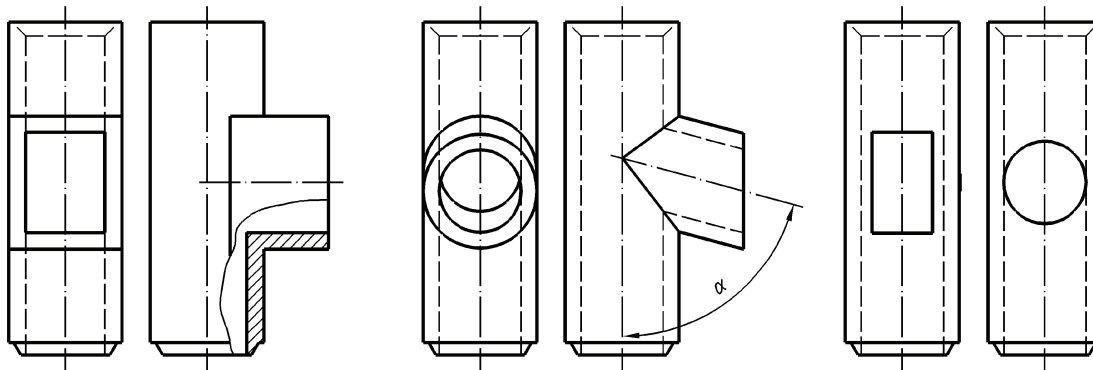


Bild 5 — Beispiele für Inspektionsöffnungen und Anschlussformstücke

5 Innenrohrtypen

Es gibt vier Grundtypen von Keramik-Innenrohren in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur mit Untertypen abhängig von der Frage, ob die Innenrohre in den Abgasanlagen unter Unterdruck oder Überdruck betrieben werden oder ob sie rußbrandbeständig sein müssen. In Tabelle 1 wird eine nicht vollständige Aufzählung abgekürzter Bezeichnungen für Innenrohrtypen mit den entsprechenden Temperaturen, Drücken, der Rußbrandbeständigkeit und der Kondensatbeständigkeit angegeben. Die Eignung für den Einsatz eines Typs eines Innenrohres in einer Abgasanlage für den Betrieb mit Unterdruck oder Überdruck und unter feuchten Bedingungen ist ebenfalls anzugeben.

ANMERKUNG Ein Innenrohr kann auch die Bezeichnung mehrerer Typen tragen, vorausgesetzt, es entspricht den relevanten Anforderungen dieser Typen.

Tabelle 1 — Keramik-Innenrohrtypen für den Nassbetrieb, Betriebsbedingungen, Luftprüfdrücke und maximale Leckraten nach thermischen Prüfungen

Innenrohrtypen	Temperatur Klasse	Druck Klasse	Rußbrandbeständigkeit Klasse	Prüfdruck Pa	Zulässige Leckrate $m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} \cdot 10^{-3}$
A3 N2	600	Unterdruck	Ja (G)	20	3
A3 N1	600	Unterdruck	Ja (G)	40	2
A3 P1	600	Überdruck	Ja (G)	200	0,006
A4 N2	600	Unterdruck	Nein (O)	20	3
A4 N1	600	Unterdruck	Nein (O)	40	2
A4 P1	600	Überdruck	Nein (O)	200	0,006
B3 N2	400	Unterdruck	Ja (G)	20	3
B3 N1	400	Unterdruck	Ja (G)	40	2
B3 P1	400	Überdruck	Ja (G)	200	0,006
B4 N2	400	Unterdruck	Nein (O)	20	3
B4 N1	400	Unterdruck	Nein (O)	40	2
B4 P1	400	Überdruck	Nein (O)	200	0,006
C4 N2	300	Unterdruck	Nein (O)	20	3
C4 N1	300	Unterdruck	Nein (O)	40	2
C4 P1	300	Überdruck	Nein (O)	200	0,006
D4 N2	200	Unterdruck	Nein (O)	20	3
D4 N1	200	Unterdruck	Nein (O)	40	2
D4 P1	200	Überdruck	Nein (O)	200	0,006

6 Werkstoffe

Innenrohre sind aus geeigneten Keramikwerkstoffen herzustellen und müssen nach dem Brennen die Leistungsanforderungen dieser Norm erfüllen.

Innenrohre dürfen auf der Innen- und/oder Außenseite glasiert oder unglasiert sein. Glasierte Innenrohre brauchen auf den Fugenoberflächen nicht glasiert zu sein.

7 Maßtoleranzen

7.1 Querschnittsmaße

Bei Prüfung nach 16.1 darf der Innendurchmesser von Innenrohren mit kreisförmigem Querschnitt nicht mehr als $\pm 3\%$ von dem vom Hersteller angegebenen Nenn-Innendurchmesser abweichen.

Die Abweichung der lichten Breite oder der lichten Seitenlänge von Innenrohren mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt darf nicht mehr als $\pm 3\%$ der vom Hersteller angegebenen Nenn-Seiteninnenlänge betragen.

7.2 Länge

Bei Prüfung nach 16.2 darf die Abweichung von der Länge eines Innenrohrs nicht mehr als $\pm 3\%$ der vom Hersteller angegebenen Nennlänge betragen, höchstens jedoch 20 mm.

7.3 Winkel der Krümmung

Bei Prüfung nach 16.3 darf der Winkel der Krümmung eines gekrümmten Innenrohrs nicht mehr als $\pm 5^\circ$ von der vom Hersteller angegebenen Nennkrümmung abweichen.

7.4 Geradheit

Bei Prüfung nach 16.4 darf die Abweichung von der Geradheit eines geraden Innenrohrs 1 % der Prüflänge betragen.

7.5 Rechtwinkligkeit der Rohrenden

Bei Prüfung nach 16.5 darf die Abweichung von der Rechtwinkligkeit der Enden von geraden Innenrohren nicht mehr als 30 mm/m eines Neigungswinkels betragen.

7.6 Abweichung von der Querschnittsform

Bei Prüfung nach 16.6 darf die Abweichung von der Rechtwinkligkeit der Winkel und der Ebenheit der Wände von geraden Innenrohren mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt nicht mehr als 5 % der vom Hersteller angegebenen lichten Nennbreite oder der lichten Nennseitenlänge betragen

7.7 Fugenausbildung

Die Gestaltung und die Maße der Fugen müssen den Angaben des Herstellers entsprechen, um eine ausreichende Verbindung zu ergeben.

8 Prüflast

8.1 Gerade Innenrohre

Bei Prüfung nach 16.7 müssen gerade Innenrohre eine Belastung von 10 MN/m² widerstehen.

8.2 Gekrümmte Innenrohre

Werden gekrümmte Innenrohre neben geraden Innenrohren in einer Anlage gebrannt, wird bei Verwendung der gleichen Werkstoffe und Brennverfahren angenommen, dass diese gekrümmten Innenrohre die gleiche Prüflast wie gerade Innenrohre aufnehmen, sofern sie nach 16.7 geprüft werden.

Werden gekrümmte Innenrohre üblicherweise nicht mit geraden Innenrohren gebrannt, sind für Prüfzwecke gerade Innenrohre oder kurze Längen gerader Innenrohre unter Verwendung gleicher Werkstoffe und Brennverfahren wie für gekrümmte Innenrohre herzustellen und auf Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 8.1 zu prüfen.

8.3 Mindestlast für Inspektionsöffnungsabschnitte

Bei der Prüfung nach 16.7 muss die Mindestlast für Inspektionsöffnungsabschnitte den Angaben in Tabelle 2 entsprechen.

Tabelle 2 — Mindestlast

Höhe der Abgasanlage m	Mindestlast kN
≤ 12,5	25
> 12,5 ≤ 25	50
> 25 ≤ 50	100

Für Abgasanlagen mit einer Fläche von mehr als 0,04 m² ist die folgende Gleichung anzuwenden:

$$F = \chi \times H \times G / 100$$

Dabei ist

- F die Mindestlast, in Kilonewton;
- χ der Sicherheitsfaktor = 5;
- H die Höhe der Abgasanlage, in Meter;
- G das spezifische Gewicht je Meter, in Kilogramm je Meter.

9 Gasdichtheit/Leckage, Temperaturbeständigkeit und Russbrandbeständigkeit für gerade Innenrohre

9.1 Erstprüfung

Vor Beginn der thermischen Prüfung darf ein Probekörper nach 16.8.3 mit N1- und N2-Innenrohren eine Leckrate von nicht mehr als $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2} \times 10^{-3}$, bezogen auf die innere Oberfläche, aufweisen, wenn er nach 16.8.5 bei einem Differenzdruck von $(40 \pm 2) \text{ Pa}$ geprüft wird.

Vor Beginn der thermischen Prüfung darf ein Probekörper nach 16.8.3 mit P1-Innenrohren eine Leckrate von nicht mehr als $0,006 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2} \times 10^{-3}$, bezogen auf die innere Oberfläche, aufweisen, wenn er nach 16.8.5 bei einem Differenzdruck von $(200 \pm 10) \text{ Pa}$ geprüft wird.

Werden Formstücke in einer Anlage neben geraden Innenrohren aus dem gleichen Material und mit dem gleichen Brennverfahren gebrannt, werden die Temperaturwechselbeständigkeit und Rußbrandbeständigkeit als gleich denen der geraden Innenrohren bei Prüfung nach 16.8.3 angesehen.

Werden die Formstücke nicht üblicherweise neben geraden Innenrohren gebrannt, sind gerade Innenrohre oder kurze Abschnitte von geraden Innenrohren für Prüfzwecke aus dem gleichen Material und mit dem gleichen Brennverfahren wie für Formstücke herzustellen und sind auf Übereinstimmung mit 9.2.1 zu prüfen.

9.2 Endgültige Beurteilung der Gasdichtheit nach der Prüfung

9.2.1 Allgemeines

Wenn Innenrohre auf Rußbrandbeständigkeit geprüft werden, braucht keine Prüfung bei Betriebstemperatur durchgeführt zu werden.

9.2.2 Endgültige Beurteilung der Gasdichtheit nach dem Rußbrandversuch

Bei Prüfung nach 16.8 dürfen A3- und B3-Innenrohre nach dem Rußbrandversuch keine größeren Werte für die Leckrate aufweisen als die in Tabelle 3 für den entsprechenden Typ des Innenrohrs, die Prüftemperatur und die Druckdifferenz angegebenen Werte. Innenrohre müssen mit Dämmung nach 16.8.3 geprüft werden, oder sie müssen ohne Dämmung geprüft werden. Bei Prüfung mit Dämmung sind die Innenrohre mit „i“ zu kennzeichnen. Bei Prüfung ohne Dämmung sind die Innenrohre mit „i“ zu kennzeichnen.

Die Genauigkeit für den gewählten Prüfdifferenzdruck ist in 9.1 angegeben.

9.2.3 Endgültige Beurteilung der Gasdichtheit nach Prüfung der Temperaturwechselbeständigkeit

Bei Prüfung nach 16.8 dürfen die in 9.2.2 nicht erfassten Innenrohre nach Prüfung mit Betriebstemperatur keine größeren Werte für die Leckrate aufweisen als die in Tabelle 3 für den entsprechenden Typ des Innenrohrs, die Prüftemperatur und die Druckdifferenz angegebenen Werte. Innenrohre müssen mit Dämmung nach 16.8.3 geprüft werden, oder sie müssen ohne Dämmung geprüft werden. Bei Prüfung ohne Dämmung müssen die Innenrohre entsprechend gekennzeichnet werden.

Tabelle 3 — Prüftemperatur, Differenzdruck und Leckraten

Innenrohrtypen	Prüftemperatur °C	Prüfdruck Pa	Zulässige Leckrate $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-2} \cdot 10^{-3}$
A3 N2	1 000	20	3
A3 N1	1 000	40	2
A3 P1	1 000	200	0,006
A4 N2	700	20	3
A4 N1	700	40	2
A4 P1	700	200	0,006
B3 N2	1 000	20	3
B3 N1	1 000	40	2
B3 P1	1 000	200	0,006
B4 N2	500	20	3
B4 N1	500	40	2
B4 P1	500	200	0,006
C4 N2	350	20	3
C4 N1	350	40	2
C4 P1	350	200	0,006
D4 N2	250	20	3
D4 N1	250	40	2
D4 P1	250	200	0,006

10 Dauerhaftigkeit

10.1 Korrosionswiderstand

Bei Prüfung nach 16.9 darf der Massenverlust jedes einzelnen Probekörpers einen Massenverlust von 2 % nicht überschreiten

ANMERKUNG Dies ist eine Zeitrafferprüfung, um die Entsprechung eines Korrosionswiderstands und einer Lebensdauer von mindestens 100 Jahren zu erzielen.

10.2 Frost/Tau-Wechselbeständigkeit

Wenn nationale Regeln eine Prüfung der Frost/Tau-Wechselbeständigkeit der Innenrohre fordern, muss nach EN 14297 geprüft werden. Die Innenrohre dürfen keine Beschädigung des Typs 7, 8, 9 und 10 nach EN 14297:2004, Tabelle 1, aufweisen.

11 Wasseraufnahme und Rohdichte

11.1 Allgemeines

Für die Produktionskontrolle ist das Innenrohr entweder auf Wasseraufnahme oder auf Rohdichte zu prüfen.

11.2 Wasseraufnahme

Bei Prüfung nach 16.10 darf die mittlere Wasseraufnahme als Prozentsatz von fünf Proben um nicht mehr als $\pm 2,5$ % vom Mittelwert der Proben aus der letzten Typprüfung abweichen.

11.3 Rohdichte

Bei Prüfung nach 16.11 darf die mittlere Rohdichte von fünf Proben um nicht mehr als ± 100 kg/m³ vom Mittelwert der Proben aus der letzten Typprüfung abweichen.

12 Abriebbeständigkeit

Bei Prüfung nach 16.12 darf der Abrieb nicht mehr als 0,03 kg/m² bezogen auf die gesamte beanspruchte innere Oberfläche des Innenrohrs betragen.

13 Kondensatbeständigkeit und Strömungswiderstand

13.1 Kondensatbeständigkeit (Wasserdampfdurchlässigkeit)

Bei Prüfung im Anschluss an die thermische Prüfung und nach 16.3 muss für Innenrohre, die für den Betrieb unter feuchten Bedingungen vorgesehen sind, die Wasserdampfdiffusionsrate gemessen und nach Tabelle 4 klassifiziert werden.

Tabelle 4 — Wasserdampfdiffusionsklassen

Wasserdampf- diffusionsklasse	Wasserdampfdiffusionsrate der inneren Oberfläche in $\text{g h}^{-1} \text{m}^{-2}$
WA	≤ 2
WB	$> 2 \leq 5$
WC	$> 5 \leq 10$
WD	$> 10 \leq 20$

ANMERKUNG 1 Die Klassen WB, WC und WD dürfen nur angewendet werden, wenn bestimmte Vorsichtsmaßnahmen beachtet werden.

ANMERKUNG 2 Sofern die ermittelte Wasserdampfdiffusion 20 übersteigt, ist das Innenrohr nicht für den Nassbetrieb geeignet.

13.2 Strömungswiderstand

Nach EN 13384-1 beträgt die mittlere Rauigkeit von Innenrohren 0,001 5 m. Andere Werte dürfen angegeben werden und sind nach Anhang C zu bestimmen. Die Angabe erfolgt entweder durch Bestimmung nach Anhang C oder durch eine Erklärung nach EN 13384-1:2002+A2:2008, Tabelle B.4.

14 Wärmedurchlasswiderstand

Die Werte für den Wärmedurchlasswiderstand von Innenrohren sind vom Hersteller für eine Temperatur von 200 °C anzugeben. Das Referenzberechnungsverfahren für Innenrohre ohne Hohlräume muss B.1 entsprechen, und das Referenzberechnungsverfahren für Innenrohre mit Hohlräumen muss B.2 entsprechen.

Die in den Produkten verwendeten Materialien dürfen gefährliche Stoffe nur bis zum zulässigen oberen Grenzwert freisetzen, der in der einschlägigen Europäischen Norm für das Material festgelegt ist oder nach den nationalen Vorschriften des Bestimmungsmitgliedstaats zulässig ist.

15 Konformitätsbewertung

15.1 Allgemeines

Die Übereinstimmung von Keramik-Innenrohren im Feuchtebetrieb mit den Anforderungen dieser Norm und mit den deklarierten Werten (einschließlich Klassen) ist durch Folgendes nachzuweisen:

- Erstprüfung;
- werkseigene Produktionskontrolle durch den Hersteller, einschließlich Produktbeurteilung.

15.2 Erstprüfung

Alle Eigenschaften sind einer Erstprüfung zu unterziehen.

Es wird auch empfohlen, auf die Verwendung historischer Daten zu verweisen. „Prüfungen, die zuvor in Übereinstimmung mit den Festlegungen dieser Norm an den gleichen Produkten durchgeführt wurden (gleiche Eigenschaft(en), gleiches Prüfverfahren, gleiches Probenahmeverfahren, gleiches System der Konformitätsbescheinigung, usw.), dürfen berücksichtigt werden“.

Typprüfungen für die entsprechenden Werkstoffzusammensetzungen müssen in einer Erstprüfung zusammen mit der werkseigenen Produktionskontrolle nach Tabelle 5 durchgeführt werden. Für jede Anforderung ist eine Prüfung durchzuführen.

Die Prüfabfolge muss an einer Größe des Innenrohrs für jede geometrische Konfiguration, z. B. rund, quadratisch, rechteckig, durchgeführt werden. Bei runden Innenrohren muss die zu prüfende Größe einen Innendurchmesser von (200 ± 50) mm aufweisen. Bei anderen geometrischen Formen muss das Innenrohr einen entsprechenden Querschnitt haben.

15.3 Weitere Typprüfungen

Typprüfungen sind grundsätzlich erforderlich, wenn eine Änderung bei der Werkstoffzusammensetzung, bei den Bearbeitungsverfahren, bei der Gestaltung oder beim Herstellungsverfahren des Innenrohres stattgefunden hat; sie dürfen häufiger durchgeführt werden, wenn sie in einen Plan zur Überprüfung der Konsistenz bei der Herstellung eingebunden sind (siehe Tabelle 5).

15.4 Werkseigene Produktionskontrolle

Um dieser Norm zu entsprechen, muss der Hersteller ein leistungsfähiges und dokumentiertes Qualitätssicherungssystem einrichten und aufrechterhalten.

Die werkseigene Produktionskontrolle wird angepasst an die Produktion durchgeführt, um die Qualität des Produkts zu überwachen (siehe Tabelle 5).

Für jede Charge müssen Probenahme und Prüfung im Herstellerwerk nach ISO 2859-1 bei einer annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) von 10 % und bei einem Prüfniveau S2 durchgeführt werden. Einzelchargen von Einheiten müssen nach gestrafften Inspektionsverfahren unter Anwendung einer maximalen Größe der Charge von 1 200 bewertet werden (siehe Anhang A).

Chargen, die bei einer werkseigenen Produktionskontrolle zurückgewiesen wurden, dürfen erneut die Kontrolle durchlaufen, nachdem Einheiten mit zunächst nicht entdeckten visuell erkennbaren Fehlern entfernt wurden, wobei die gestraffte Inspektion nur bezüglich der Fehler erfolgt, die eine erste Zurückweisung verursachten.

ANMERKUNG Ein von der zertifizierenden Stelle festgesetztes Qualitätssicherungssystem nach EN 45012 kann als Nachweis für die Einhaltung der Anforderungen nach EN ISO 9001:2008 und Abschnitt 15 angesehen werden.

Tabelle 5 — Werkseigene Produktionskontrolle und Erstprüfungen

Zu prüfender Gegenstand	Abschnitte mit relevanten Anforderungen	
	Werkseigene Produktionskontrolle 15.3 ^a	Erstprüfungen 15.1 und 15.2
Gerade Innenrohre	7.1, 7.2, 7.4, 7.5, 7.6, 11	8.1, 9.2, 10, 12 und 13
Gekrümmte Innenrohre	7.1, 7.3, 11	8.2, 10
Abschnitte mit Öffnungen	7.1, 7.2, 11	8.3
^a Die während der werkseigenen Produktionskontrolle durchgeführten Prüfungen dienen zur Überprüfung der Leistungsanforderungen, die bei der Erstprüfung bewertet wurden.		

16 Prüfverfahren

16.1 Maße

Der größte und der kleinste Durchmesser eines Keramik-Innenrohrs müssen aus den in 7.1 festgelegten zulässigen Abweichungen berechnet werden. Sind Messungen direkt vorzunehmen, sollten zwei Messungen an den Stellen des größten und des kleinsten Durchmessers durchgeführt werden.

Die Prüfung darf auch unter Zuhilfenahme von zwei Lehren durchgeführt werden, die auf den kleinsten und größten Durchmesser eingestellt werden. Die auf den kleinsten Durchmesser eingestellte Lehre sollte sich innerhalb der Enden des Innenrohrs um 360° drehen lassen. Die auf den größten Durchmesser eingestellte Lehre sollte sich nicht in das Innenrohr hinein schieben lassen, wenn sie um 360° gedreht wird.

Bei Innenrohren mit quadratischem und rechteckigem Querschnitt sind die Innenquerschnittsmaße zwischen den Mittelpunkten der gegenüberliegenden Seiten der Innenrohre zu messen.

16.2 Länge

Die größte und die kleinste Innenlänge eines Keramik-Innenrohrs müssen aus den in 7.2 festgelegten zulässigen Abweichungen berechnet werden. Sind Messungen direkt vorzunehmen, sollten zwei Messungen an den Stellen der größten und kleinsten Innenlänge durchgeführt werden.

Die Prüfung darf auch unter Zuhilfenahme von zwei Lehren durchgeführt werden, die auf die kleinste und größte Innenlänge eingestellt werden. Die auf die kleinste Innenlänge eingestellte Lehre sollte sich nicht über die Innenlänge des Innenrohrs schieben lassen (siehe Bild 4). Die auf die größte Innenlänge eingestellte Lehre sollte sich über die Innenlänge des Innenrohrs schieben lassen (siehe Bild 4).

16.3 Winkel der Krümmung

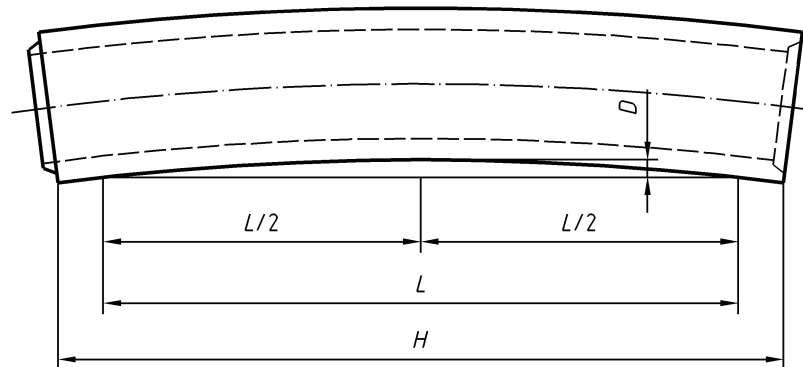
Der größte und der kleinste Winkel der Krümmung eines Keramik-Innenrohrs müssen aus den in 7.3 angegebenen zulässigen Abweichungen berechnet werden.

Bei Prüfung des Winkels der Krümmung ist ein Ende des gekrümmten Innenrohrs auf eine ebene Fläche zu stellen. Ein gerades Stahllineal ist so an das obere Ende des Innenrohrs zu stellen, dass seine Kante den höchsten und den niedrigsten Punkt des Innenrohrendes berührt und sein unteres Ende die ebene Fläche ebenfalls berührt. Der zu messende Krümmungswinkel ist der Winkel zwischen dem Lineal und der ebenen Fläche.

16.4 Geradheit

Die Abweichung von der Geradheit eines Innenrohrs ist der größte Abstand, der in der Mitte einer geraden Linie, die der Prüflänge entspricht und die jede konkave Krümmung der Rohraußenfläche überspannt, von der geraden Linie bis zur Rohroberfläche gemessen wird (D), wie in Bild 6 dargestellt. Die Prüfung der Geradheit darf mit jedem geeigneten Gerät durchgeführt werden.

Die Prüflänge muss 150 mm weniger betragen als die Nennlänge des Innenrohrs, um die Anordnung von Muffen oder Manschetten zu berücksichtigen.



Legende

- H Nennlänge des Innenrohrs, in Millimeter
 L Prüflänge, in Millimeter
 D Abweichung von der Geradheit, in Millimeter
 $H - L = 150 \text{ mm}$

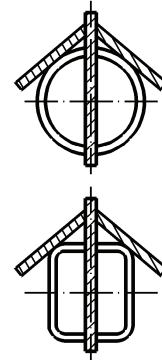
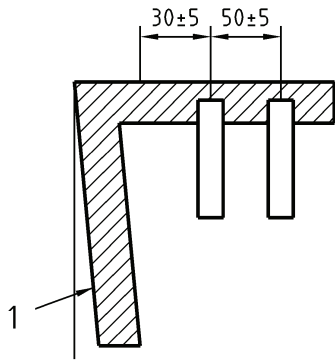
Bild 6 — Abweichung von der Geradheit

16.5 Rechtwinkligkeit der Enden des Innenrohrs

Die in Bild 7 dargestellte Prüflehre mit einem Schenkel, die zueinander mit einer Neigung (Abweichung vom rechten Winkel) von 30 mm/m angeordnet sind, ist an einem Schenkel mit zwei dachförmigen Auflagern ausgestattet, die einen Mittenabstand von (50 ± 5) mm zueinander haben. Das freie Ende des einen Auflagers ist so anzuordnen, dass sich von der Innenseite des angewinkelten Schenkels ein Abstand von (30 ± 5) mm ergibt. Die Neigung der Auflager ist so zu wählen, dass zwischen Probekörper und Prüflehre ein Zwischenraum von mindestens 5 mm bleibt. Der angewinkelte Schenkel muss so lang sein, dass er über den gesamten Außendurchmesser/die gesamte Breite des Innenrohrs reicht.

Die Lehre muss an dem Ende des Innenrohrs entlang der Linie des längsten Außenmaßes des Innenrohrs angelegt werden. Die Rechtwinkligkeitsabweichung des Rohrendes muss gegenüber der Neigung der Lehre überprüft werden.

Maße in Millimeter

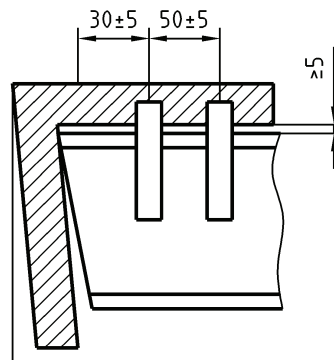
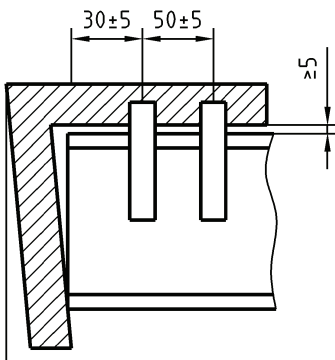


Legende

1 30 mm/m Neigung

a) Längsschnitt der Lehre

b) Querschnitt der Lehre



c) Innenrohr besteht Prüfung

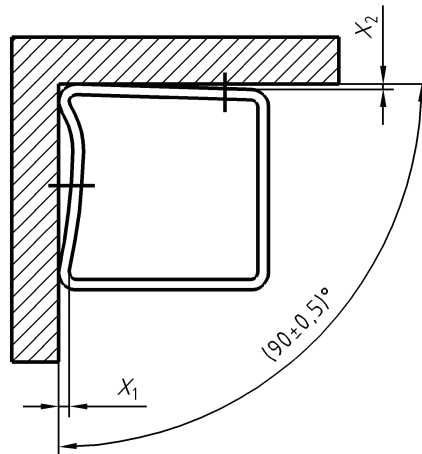
d) Innenrohr besteht Prüfung nicht

Bild 7 — Prüfung der Rechtwinkligkeit der Enden des Innenrohrs

16.6 Abweichung von der Querschnittsform

Die beiden Schenkel der Prüflehre nach Bild 8 sind so anzuordnen, dass sich zwischen den Schenkeln ein Winkel von $(90 \pm 0,5)^\circ$ ergibt. Die beiden Schenkel der Prüflehre müssen so lang sein, dass sie über die Außenseite des zu prüfenden Innenrohrs hinaus reichen.

Maße in Millimeter



Legende

- x_1 Formabweichung
- x_2 Abweichung von der Rechtwinkligkeit

Bild 8 — Prüfung der Abweichung von der Querschnittsform

Die Lehre ist an zwei angrenzenden Wänden gerader Innenrohre mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt anzulegen, und die Abstände x_1 und x_2 sind zwischen der Innenseite der Prüflehre und der Außenseite des Innenrohrs ausschließlich der abgerundeten Außenecken mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5$ mm zu messen.

Die prozentuale Abweichung von der Ebenheit ist wie folgt zu berechnen:

$$\frac{x_1 \times 100}{Lx_1} \quad (1)$$

Die prozentuale Abweichung von der Rechtwinkligkeit ist wie folgt zu berechnen:

$$\frac{x_2 \times 100}{Lx_2} \quad (2)$$

Dabei ist

- x_1 die Abweichung von der Ebenheit der Wand, in Millimeter;
- x_2 die Abweichung von der Rechtwinkligkeit der Wand, in Millimeter;
- Lx_1 die dem Messpunkt x_1 gegenüberliegende vom Hersteller angegebene Wandlänge, in Millimeter;
- Lx_2 die dem Messpunkt x_2 gegenüberliegende vom Hersteller angegebene Wandlänge, in Millimeter.

16.7 Prüflast

16.7.1 Probekörper

Der Probekörper muss von einem Innenrohr so abgeschnitten werden, dass er keine Fuge enthält. Der Probekörper muss eine Höhe von mindestens 150 mm aufweisen und über den gesamten Querschnitt des Innenrohrs ebene, parallele Endflächen aufweisen.

16.7.2 Prüfeinrichtung

Die Prüfmaschine muss insgesamt steif sein, sodass die Lastverteilung infolge von Nachgeben oder Verformung eines Teils nicht spürbar betroffen wird. Die Maschine muss so ausgelegt sein, dass die Last nach 16.7.3 aufgebracht werden kann. Die Genauigkeit der Maschine ist nach EN ISO 7500-1 nachzuweisen.

Die Flächen sowohl der Druckplatten als auch der Lasteintragungsplatten, die zwischen dem Probekörper und den Druckplatten anzuordnen sind, müssen größer sein als die Außenmaße des zu prüfenden Innenrohrs.

Die Druckplatten müssen aus Metall bestehen, frei von Verformungen und Verdrehungen sowie zentrisch angeordnet sein; sie müssen ausreichende Maße aufweisen, sodass sie sich unter Belastung nicht verformen. Eine Druckplatte ist so anzubringen, dass sie sich in allen Richtungen frei bewegen kann und somit in der Lage ist, sich entsprechend der Oberfläche der zugehörigen Lasteintragungsplatten anzugleichen.

Die Lasteintragungsplatten müssen aus feuchtigkeitsbeständigen Spanplatten nach EN 312 mit einer Dicke von 18 mm bestehen; sie müssen flach gepresst und mit der gepressten Oberfläche konzentrisch zu den Druckplatten sein. Für jede Prüfung sind neue Platten zu verwenden.

16.7.3 Durchführung

Es ist darauf zu achten, dass die Endflächen der Maschine und des Probekörpers sauber und frei von losen Partikeln sind.

Der Probekörper, an beiden Endflächen mit Lasteintragungsplatten versehen, ist zwischen die Druckplatten einzusetzen. Der Probekörper ist so in die Maschine einzusetzen, dass die Last genau in Richtung der Längsachse aufgebracht wird.

Die Last ist stoßfrei auf den Probekörper aufzubringen und mit einer Höchstgeschwindigkeit von 14 MN/m² je Minute zu steigern, bis die geforderte Belastungshöhe nach 8.1 erreicht ist.

Die für das Erreichen der festgelegten Belastungshöhe geforderte Prüflast ist entsprechend dem Innenrohrtyp nach einem der folgenden Verfahren zu berechnen.

a) Für Innenrohre mit kreisförmigem Querschnitt:

$$\text{Prüflast (N)} = \frac{10,0\pi(D_1^2 - D_2^2)}{4} \quad (3)$$

Dabei ist

D_1 der mittlere Außendurchmesser des Probekörpers, in Millimeter;

D_2 der mittlere Innendurchmesser des Probekörpers, in Millimeter.

Der mittlere Durchmesser entspricht dem Mittelwert aus zwei diametral zueinander erfolgenden Messungen.

- b) Für Innenrohr mit quadratischem Querschnitt:

$$\text{Prüflast (N)} = 10,0 (W_1^2 - W_2^2) \quad (4)$$

Dabei ist

- W_1 die tatsächliche mittlere Außenbreite des Probekörpers (ausschließlich abgerundeter Ecken), in Millimeter;
- W_2 die tatsächliche mittlere Innenbreite des Probekörpers (ausschließlich abgerundeter Ecken), in Millimeter.

- c) Für Innenrohre mit rechteckigem Querschnitt:

$$\text{Prüflast (N)} = 10,0 (L_1 \times B_1 - L_2 \times B_2) \quad (5)$$

Dabei ist

- L_1 die tatsächliche mittlere Außenlänge des Querschnitts des Probekörpers (ausschließlich abgerundeter Ecken), in Millimeter;
- B_1 die tatsächliche mittlere äußere Seitenlänge des Querschnitts des Probekörpers (ausschließlich abgerundeter Ecken), in Millimeter;
- L_2 die tatsächliche mittlere Innenlänge des Querschnitts des Probekörpers (ausschließlich abgerundeter Ecken), in Millimeter;
- B_2 die tatsächliche mittlere innere Seitenlänge des Querschnitts des Probekörpers (ausschließlich abgerundeter Ecken), in Millimeter.

- d) Für Innenrohre mit vertikal gelochten Wandungen:

$$\text{Prüflast (N)} = 10,0 A \quad (6)$$

Dabei ist

- A die Netto-Querschnittsfläche (Nutzquerschnitt) des Innenrohrs, in Quadratmillimeter.

16.8 Thermische Prüfung

ANMERKUNG Mit der thermischen Prüfung des Innenrohrs bei 1 000 °C wird die Rußbrandbeständigkeit des Innenrohrs nachgewiesen.

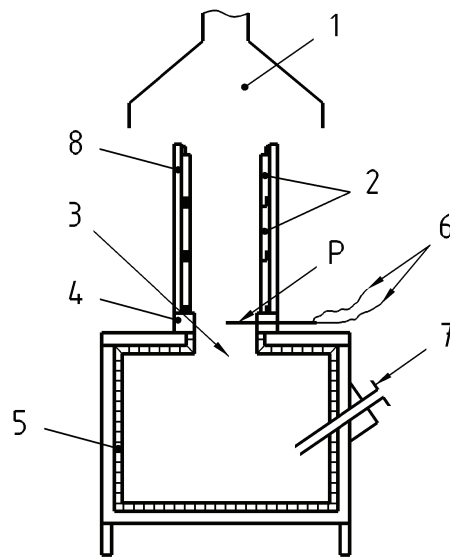
16.8.1 Probekörper

Der Probekörper muss aus zwei Innenrohren bestehen.

16.8.2 Prüfeinrichtung

Eine für die thermische Prüfung geeignete Prüfeinrichtung ist in Bild 9 dargestellt. Der Kammerofen ist durch einen Hochgeschwindigkeitsgasbrenner zu beheizen, in dem die Verbrennung im Wesentlichen innerhalb des Brenners stattfindet. Der Brenner ist daher nach unten geneigt anzuordnen, damit die heißen Gase nicht auf die Abgasöffnung, die sich im Oberteil des Kammerofens befindet, direkt auftreffen. Der Brenner ist mit gasförmigen Brennstoffen (Erdgas, Propan- oder Butangas) zu beheizen. Die Nennleistung des Brenners sollte mindestens 150 kW betragen.

ANMERKUNG Alternativ können zum Beheizen des Kammerofens auch zwei Hochgeschwindigkeitsbrenner mit einer geringeren Nennleistung verwendet werden.



Legende

- | | | | |
|---|---|---|---------------------------|
| 1 | Anlaufstrecke für Abgasaustrittsöffnung | 6 | Thermoelement |
| 2 | Probekörper | 7 | Gasbrenner |
| 3 | Auslass | 8 | Dämmung (falls gefordert) |
| 4 | Feuerfeste Betonmanschette | P | Temperaturmessstelle |
| 5 | Keramikfaser | | |

Bild 9 — Heißgaserzeuger (Kammerofen)

Um die geforderte Aufheizgeschwindigkeit zu erreichen, sollte ein Kammerofen in Leichtbauweise verwendet werden, d. h. mit einer geringen thermischen Masse. Die Innenmaße des Kammerofens betragen für Länge \times Tiefe \times Höhe etwa 700 mm \times 700 mm \times 700 mm, und der Ofen ist mit einer 100 mm dicken Dämmschicht aus Keramikfasern ausgekleidet. Der Brenner ist mittig auf eine Seite des Kammerofens anzuordnen.

Über der Abgasaustrittsöffnung ist eine (300 \pm 50) mm hohe Anlaufstrecke mit gleichem Innenquerschnitt wie der Probekörper anzuordnen. Diese Anlaufstrecke ist auf eine feuerfeste Betonmanschette mit einer Öffnung gleich des Innenrohrquerschnitts aufzusetzen

Bei Verwendung einer Wärmedämmung für das Prüfrohr muss das Innenrohr mit einem flexiblen Werkstoff mit einem Wärmedurchlasswiderstand von (0,4 \pm 0,04) m² K/W bei einer Temperatur von 300 °C gedämmt werden. Der Dämmstoff muss einer Temperatur von 1 000 °C widerstehen können.

Die Temperatur des Prüfgases ist mit einem K(Nickel-Chrom/Nickel-Aluminium)-Thermoelement zu messen. Das Thermoelement besitzt eine ummantelungsfreie Messstelle, die sich inmitten der Abgasaustrittsöffnung befindet. Gas- und Luftzufuhr des Brenners müssen verstellbar sein, und es muss ein Gerät zur Messung des zugeführten Luftvolumenstroms angebracht sein.

Zur Prüfung der Leckrate des Probekörpers vor und nach der thermischen Belastung sind ein Ventilator oder eine andere Vorrichtung, die zumindest den geforderten Differenzdruck erzeugt, sowie ein Volumenstrom-Messgerät und ein Druckmesser zu verwenden.

Die Luftzufuhr für die Prüfung ist mit einem Volumenstrom-Messgerät mit einer absoluten Genauigkeit von \pm 5 % zu messen. Der Messbereich muss ungefähr der Strömungsmenge für die höchste Durchlässigkeitsrate (Leckrate) des jeweiligen Innenrohrtyps entsprechen.

16.8.3 Zusammenbau des Probekörpers

Zwei Innenrohre sind zu einem geraden, senkrecht angeordneten Probekörper zusammenzufügen, der auf die Anlaufstrecke aufzusetzen ist. Die Länge des Innenrohrs darf höchstens 1,5 m betragen. Der Probekörper muss aus zwei Innenrohren bestehen, deren obere und untere Fugenabschnitte entfernt werden dürfen, oder von einem Innenrohr dürfen Abschnitte ungefähr gleicher Länge abgeschnitten werden. Bevor der Probekörper auf den Prüfaufbau aufgesetzt wird, ist er bei einer Temperatur von $(110 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ zu trocknen, bis Massenkonzanz erreicht ist.

Die beiden Innenrohre oder Abschnitte und deren Fuge müssen den Probekörper bilden. Die Fuge zwischen den Innenrohren oder Abschnitten ist mit Mörtel nach den Anweisungen des Herstellers für die entsprechende Temperaturklasse auszuführen. Die Fuge zwischen dem Probekörper und der Anlaufstrecke ist so auszuführen, dass der Probekörper bei Bedarf zur Prüfung der Luftdurchlässigkeit (Luftleckage) ohne Beschädigung herausgenommen werden kann.

Nach dem Zusammenbau ist die Anlage für mindestens 24 h bei einer Umgebungstemperatur von $15 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $30 \text{ }^\circ\text{C}$ oder nach den Angaben des Mörtelherstellers zu trocknen, damit der Mörtel aushärten kann.

Vor der thermischen Prüfung ist ein Probekörper nach den Anforderungen von 9.1 auf seine Leckage zu prüfen.

Wenn die in 9.1 festgelegte Leckrate überschritten wird, ist der Probekörper zu überprüfen, und die Fuge ist, falls erforderlich, zu erneuern, oder die Innenrohre mit Wärmedämmung sind auszutauschen. Nach nochmaligem Trocknen ist die Leckrate erneut zu bestimmen.

Wenn mit Dämmung geprüft werden soll, ist der Prüfkörper und die Anlaufstrecke nach 9.1 sind Probekörper vor Prüfbeginn zu dämmen. Die Dämmung ist so am Innenrohr anzuordnen, dass sie während der Prüfung eng anliegt. Sie sollte mit Bändern mit einer Breite von nicht mehr als 25 mm und in Abständen von mindestens 250 mm zu den Bandmittelpunkten befestigt werden.

16.8.4 Thermische Beanspruchung

Die Eintrittstemperatur des Prüfgases in den Probekörper, gemessen am Punkt P (siehe Bild 9), ist durch die Veränderung der Gaszufuhr zum Brenner, so weit wie durchführbar, bei einer gleich bleibenden Geschwindigkeit zu regulieren, um die Temperatur und Zeit vom Beginn des Heizens, die in Tabelle 6 für den entsprechenden Innenrohrtyp angegeben sind, zu erreichen. Diese Temperatur ist dann für weitere 30 min aufrechtzuerhalten.

Während des Heizvorgangs ist die Geschwindigkeit der Verbrennungsluftmenge bei einer Umgebungstemperatur von $15 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $30 \text{ }^\circ\text{C}$ so einzustellen, dass die in Tabelle 6 angegebene Geschwindigkeit des Heißgasstroms im geprüften Innenrohr abhängig von Prüftemperatur und Druckklasse aufrechterhalten wird.

ANMERKUNG Bei Einsatz von gasförmigen Brennstoffen (Erdgas, Propan- oder Butangas) ist das Prüfgasvolumen bei einer gegebenen Temperatur ähnlich.

Nach der Erhitzung des Prüfgases ist der Probekörper ohne zusätzliche Belüftung auf Raumtemperatur abkühlen zu lassen, wobei die Wärmedämmung, sofern vorhanden, in ihrer Lage verbleibt.

Tabelle 6 — Prüftemperatur und Zeit bis zum Erreichen der Prüftemperatur

Innenrohrtyp	Prüftemperatur	Zulässige Abweichung der Prüftemperatur	Zeit bis zum Erreichen der Prüftemperatur vom Beginn des Heizens
	°C		°C
A3 N2	1 000	± 25	10
A3 N1	1 000	± 25	10
A3 P1	1 000	± 25	10
A4 N2	700	± 25	7
A4 N1	700	± 25	7
A4 P1	700	± 25	7
B3 N2	1 000	± 25	10
B3 N1	1 000	± 25	10
B3 P1	1 000	± 25	10
B4 N2	500	± 25	5
B4 N1	500	± 25	5
B4 P1	500	± 25	5
C4 N2	350	± 25	3,5
C4 N1	350	± 25	3,5
C4 P1	350	± 25	3,5
D4 N2	250	± 25	2,5
D4 N1	250	± 25	2,5
D4 P1	250	± 25	2,5

16.8.5 Messung der Leckrate

Nach Abkühlung des Probekörpers muss die eventuell vorhandene Wärmedämmung entfernt werden, und die Leckrate ist bei dem in Tabelle 3 für den entsprechenden Innenrohrtyp angegebenen Differenzdruck zu bestimmen.

Der Probekörper ist abzudichten und mit einem geeigneten Ventilator oder einer anderen Vorrichtung zu verbinden. Der Luftvolumenstrom ist so zu regeln, dass der erforderliche Differenzdruck im Probekörper bei einer Umgebungstemperatur von 15 °C bis 30 °C konstant bleibt. Das während 1 min an den Probekörper abgegebene Luftvolumen ist zu messen, und die Durchlässigkeitsrate (Leckrate) ist bezogen auf die Innenoberfläche des Probekörpers in Quadratmeter zu berechnen.

Alle Messungen der Leckrate sind ohne Wärmedämmung des Probekörpers durchzuführen.

16.8.6 Auswertung der Prüfergebnisse

Die Leckrate beim festgelegten Prüfdruck ist in Kubikmeter Luft je Sekunde je Quadratmeter der geprüften Innenoberfläche anzugeben [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$].

16.9 Korrosionswiderstand

16.9.1 Probekörper

Es sind sechs frisch vom Innenrohr oder von der Innenwand eines Innenrohrs mit vertikaler Lochung entnommene Stücke mit einem Volumen von ungefähr $(50 \times 10^3) \text{ mm}^3 \pm (10 \times 10^3) \text{ mm}^3$ zu verwenden, die frei von Rissen oder beschädigten Ecken sind.

Zunächst sollte die Dicke (E) des Probekörpers (auf $\pm 1,0 \text{ mm}$) gemessen werden.

Die Grundfläche des Probekörpers beträgt ungefähr $\frac{50\,000}{E} \text{ mm}^2$.

Die Seitenlänge eines quadratischen Probekörpers beträgt ungefähr $\sqrt{\frac{50\,000}{E}} \text{ mm}$.

BEISPIEL	Wanddicke des Innenrohrs	12 mm
	Grundfläche	$\frac{50\,000}{12} \text{ mm}^2 = 4\,167 \text{ mm}^2$
	Seitenlänge	$\sqrt{4\,167 \text{ mm}^2} = \text{ungefähr } 65 \text{ mm}$

16.9.2 Prüfeinrichtung

16.9.2.1 Belüfteter Ofen, der eine Temperatur von $(110 \pm 5) \text{ °C}$ aufrechterhalten kann;

16.9.2.2 Waage, mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01 \text{ g}$ bei Belastung mit 200 g;

16.9.2.3 siedendes Wasserbad;

16.9.2.4 ein 2-l-Gefäß;

16.9.2.5 Zufuhr für destilliertes Wasser;

16.9.2.6 Schwefelsäurelösung $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$ mit einem Massenanteil = 70 % (Dichte bei $20 \text{ °C} = 1,610 \text{ kg/m}^3$);

16.9.2.7 Bariumchloridtropfen (Konzentration 50 g je Liter).

16.9.3 Durchführung

Die Probekörper sind in entionisiertem Wasser mit einer weichen Bürste zu reinigen, um lose Partikel zu entfernen und bei einer Temperatur von $(110 \pm 5) \text{ °C}$ so lange zu trocknen, bis in nachfolgenden Wägungen in Abständen von 24 h kein weiterer Massenverlust ($\pm 0,01 \text{ g}$) mehr festgestellt wird. Die Trockenmasse des Probekörpers (M_1) ist in Gramm anzugeben.

Die getrockneten Probekörper sind für $(6 \pm 0,1) \text{ h}$ in einem 2-l-Gefäß in 1,5 l Schwefelsäurelösung zu tauchen. Das Gefäß ist mit einem Beobachtungsglas abzudecken, um das Verdunsten der Säure zu begrenzen. Während dieser Zeit muss das Gefäß in einem Bad mit leicht siedendem Wasser stehen.

Nach der Entnahme aus der Säurelösung ist jeder Probekörper in ein getrenntes Gefäß zu bringen und für 30 min in entionisiertem Wasser zu waschen, wobei das Wasser in 15 min bis zum Sieden zu erhitzen ist und das Sieden für weitere 15 min aufrechtzuerhalten ist.

Das Vorhandensein von Sulfat ist an einer Reagenzglasprobe nachzuweisen, die dem Spülbad nach Zugabe einiger Tropfen Bariumchlorid entnommen wurde. Die Bariumchloridlösung ist herzustellen, indem 50 g Bariumchlorid in 1 l entionisiertem Wasser gelöst werden.

Der Waschzyklus ist so lange zu wiederholen, bis die Zugabe von einigen Tropfen Bariumchlorid das Wasser nicht mehr trübt, oder es ist bis zu höchstens 100 Zyklen zu waschen (ungefähr 50 h Spülen), wobei das Spülwasser nach jedem Zyklus zu wechseln ist.

Nach dem Waschen sind die Probekörper bei einer Temperatur von $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ so lange zu trocknen, bis in nachfolgenden Wägungen kein weiterer Massenverlust ($\pm 0,01$ g) mehr festgestellt wird. Die Endtrockenmasse des Probekörpers ist in Gramm anzugeben (M_2).

16.9.4 Auswertung der Prüfergebnisse

Der Verlust an säurelöslicher Substanz in jedem Probekörper ist als prozentualer Anteil der Trockenmasse wie folgt zu berechnen:

$$\text{Prozentualer Verlust der Trockenmasse} = \frac{(M_1 - M_2) \times 100}{M_1} \quad (7)$$

16.10 Wasseraufnahme

16.10.1 Probekörper

Als Probekörper gilt eine Probe des Innenrohrs mit einer Trockenmasse von 0,25 kg bis 0,4 kg.

16.10.2 Prüfeinrichtung

16.10.2.1 Ein belüfteter Ofen, der eine Temperatur von $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ aufrechterhalten kann.

16.10.2.2 Eine Waage, mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ g.

16.10.2.3 Ein Wasser-Kochbehälter, dessen Fassungsvermögen das Eintauchen des gesamten Probekörpers in Wasser ermöglicht. Der Behälter muss mit einem Gitter ausgestattet sein, auf das der Probekörper so aufgelegt werden kann, dass sämtliche Außenflächen mit Wasser umspült werden.

16.10.2.4 Ein Exsikkator, der Kieselsäuregel oder ein aktiveres Trockenmittel enthält.

16.10.3 Durchführung

Der Probekörper ist in einem belüfteten Ofen bei einer Temperatur von $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ bis zur Massenkonstanz (W_1) zu trocknen. Die Masse (W_1) ist in Gramm zu bestimmen, nachdem die Probe in einem Exsikkator, der ein Trockenmittel enthält, auf Raumtemperatur abgekühlt ist.

Der trockene Probekörper ist in Wasser mit Umgebungstemperatur einzubringen. Das Wasser ist zum Sieden zu erhitzen und für 1 h auf dem Siedepunkt zu halten, wobei der gesamte Probekörper während dieser Zeit im Wasser eingetaucht sein muss. Nach dem Sieden muss der Probekörper für weitere 4 h im Wasser eingetaucht bleiben. Danach ist die Probe aus dem Wasser zu nehmen, das Oberflächenwasser ist mit einem feuchten Tuch zu entfernen und die Probe ist unverzüglich zu wägen und das Ergebnis ist in Gramm anzugeben (W_2).

16.10.4 Auswertung der Prüfergebnisse

Die Wasseraufnahme des Probekörpers ist als das Verhältnis zwischen dem Massenanstieg des gesättigten Probekörpers zur Masse der trockenen Probe zu bestimmen. Das Verhältnis ist in Prozent auf 0,1 % anzugeben.

$$\frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad \text{in \%} \quad (8)$$

16.11 Rohdichte

16.11.1 Probekörper

Als Probekörper gilt eine Probe des Innenrohrs mit einer Trockenmasse von 0,25 kg bis 0,4 kg.

16.11.2 Prüfeinrichtung

16.11.2.1 Ein belüfteter Ofen, der eine Temperatur von (110 ± 5) °C aufrechterhalten kann.

16.11.2.2 Eine Waage, mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ g.

16.11.2.3 Ein Wasser-Kochbehälter, dessen Fassungsvermögen das Eintauchen des gesamten Probekörpers in Wasser ermöglicht. Der Behälter muss mit einem Gitter ausgestattet sein, auf das der Probekörper so aufgelegt werden kann, dass sämtliche Außenflächen mit Wasser umspült werden.

16.11.2.4 Eine Brücke, die auf die lasttragende Waagschale gelegt wird.

16.11.2.5 Ein Behälter, mit entsprechendem Fassungsvermögen, um den gesamten Probekörper in Wasser tauchen zu können.

16.11.2.6 Ein Aufhängedraht, mit einem Durchmesser von nicht mehr als 0,3 mm.

16.11.2.7 Ein Exsikkator, der Kieselsäuregel oder ein aktiveres Trockenmittel enthält.

16.11.3 Durchführung

Die Probe ist in einem belüfteten Ofen bei einer Temperatur von (110 ± 5) °C bis zur Massenkonstanz (W_1) zu trocknen. Die Masse (W_1) ist in Gramm zu bestimmen, nachdem die Probe in einem Exsikkator, der ein Trockenmittel enthält, auf Raumtemperatur abgekühlt ist.

Die trockene Probe ist in Wasser mit Umgebungstemperatur einzubringen. Das Wasser ist zum Sieden zu erhitzen und für 1 h auf dem Siedepunkt zu halten, wobei die gesamte Probe während dieser Zeit im Wasser eingetaucht sein muss. Nach dem Sieden muss die Probe für weitere 4 h im Wasser eingetaucht bleiben, bevor sie in Wasser mit einer Umgebungstemperatur von (20 ± 5) °C frei hängend (W_2 , angegeben in Gramm) gewogen wird.

Danach ist die Probe aus dem Wasser zu nehmen, das Oberflächenwasser ist mit einem feuchten Tuch zu entfernen, und die Probe ist unverzüglich zu wägen (W_3 , angegeben in Gramm). Die Differenz der beiden Wägungen in Gramm ($W_3 - W_2$) ergibt das Volumen der Probe in Kubikzentimeter.

16.11.4 Auswertung der Prüfergebnisse

Die Trockenrohddichte des Probekörpers ist zu bestimmen, indem die Trockenmasse des Probekörpers durch das Volumen dividiert wird (das Volumen ergibt sich aus der Subtraktion der Masse des Probekörpers beim Wägen unter Wasser von der Masse beim Wägen an der Luft unmittelbar nach dem Eintauchen). Die Rohddichte ist auf 10 kg/m^3 anzugeben.

$$\text{Rohddichte} = \frac{W_1}{W_3 - W_2} \times 1\,000 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (9)$$

16.12 Abriebbeständigkeit

16.12.1 Probekörper

Der Probekörper muss den Festlegungen nach 16.8.1 entsprechen und der entsprechenden thermischen Prüfung nach 16.8.3 unterzogen worden sein.

16.12.2 Prüfeinrichtung

In die obere Öffnung des Probekörpers ist ein metallener Auffangtrichter mit einem bündig sitzenden Metallstutzen einzubauen. In die untere Öffnung des Probekörpers ist, wie in Bild 10 dargestellt, eine Platte mit einem bündig sitzenden Metallstutzen einzubauen, der größtmäßig mit der Öffnung des Probekörpers übereinstimmt.

Die Bodenplatte muss direkt über einem Sammelbehälter angeordnet werden, in dem der während der Prüfung entstehende Abrieb gesammelt wird, und dieser Behälter muss so tief sein, dass der Kehrbesen durch die gesamte Länge des Probekörpers geführt werden kann.

Falls der Probekörper gewogen wird, ist zum Wägen von zwei Innenrohren eine Waage mit einer Genauigkeit von $\pm 1,0 \text{ g}$ zu verwenden.

Der Kehrbesen muss flache Federstahlborsten aus nichtrostendem Stahl nach EN 10088-1, Stahlsorte X9Cr Ni 18-8, Werkstoffnummer 1.4310, mit einem Querschnitt von $2,0 \text{ mm} \times 0,3 \text{ mm}$ und Abweichungen von $\pm 0,1 \text{ mm}$ aufweisen.

Das Gesamtmaß des Kehrbesens muss $(25 \pm 5) \text{ mm}$ größer als das Innenmaß des Probekörpers sein, wie in Bild 10 dargestellt. Die Borsten müssen so angeordnet werden, dass sich auf 10 mm Länge des äußeren Umfangs jeweils fünf Borsten befinden.

Der Kehrbesen ist an einem Stab zu befestigen.

16.12.3 Durchführung

Der Kehrbesen ist über die gesamte Länge des Probekörpers auf- und abwärts zu bewegen. Dies gilt als ein Zyklus. Der während der ersten 20 Zyklen dieser Bewegung anfallende Abrieb ist zu verwerfen. Es sind 100 Zyklen durchzuführen.

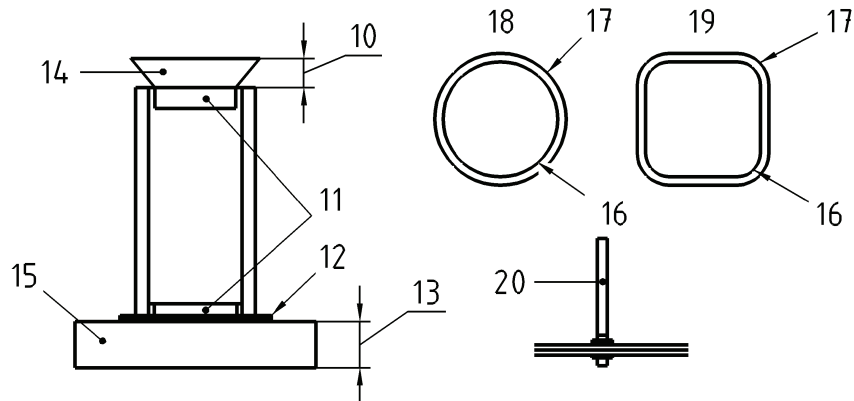
Die Masse des Abriebs von der Innenfläche des Probekörpers ist aufzuzeichnen.

Die Innenfläche des Probekörpers zwischen den Metallstutzen ist zu berechnen. Danach ist der Abriebverlust je Quadratmeter zu berechnen.

Ein alternatives Messverfahren besteht darin, den Probekörper nach 20 Zyklen und 100 Zyklen auf $\pm 0,1 \text{ g}$ zu wägen; die Massendifferenz zwischen den beiden Wägungen entspricht der Masse des während der Prüfung erzielten Abriebs und ist aufzuzeichnen. Die Innenfläche des Probekörpers ist zu berechnen. Danach ist der Abriebverlust je Quadratmeter zu berechnen.

16.12.4 Auswertung der Prüfergebnisse

Der über 20 Kehrzyklen bis 100 Kehrzyklen erzielte und aufgezeichnete Masse des Abriebs von der Innenfläche des Probekörpers ist in Kilogramm je Quadratmeter der gesamten Prüffinnenfläche des Innenrohrs anzugeben.



Legende

- | | | | |
|----|---|----|---|
| 10 | Trichterhöhe mindestens 200 mm | 15 | Sammelbehälter |
| 11 | Bündig sitzender Stutzen, der 20 mm in die Öffnung ragt | 16 | Fläche der Innenrohröffnung |
| 12 | Auf der Bodenplatte befestigter Stutzen | 17 | Fläche des Kehrbesens |
| 13 | Höhe, die ausreicht, um den Kehrbesen bis zum Boden zu schieben | 18 | Innenrohr mit kreisförmigem Querschnitt |
| 14 | Auffangtrichter mit Stutzen | 19 | Innenrohr mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt |
| | | 20 | Stab |

Bild 10 — Prüfanordnung für die Prüfung der Abriebbeständigkeit

16.13 Bestimmung der Wasserdampfdiffusion (indirektes Verfahren)

16.13.1 Prüfaufbau

Der Prüfabschnitt ist in einem luftdichten Prüfrohr (z. B. aus Edelstahl oder Glas) anzuordnen. Der Luftspalt zwischen Prüfabschnitt und Prüfrohr ist durch luftdichte Kappen an beiden Enden zu verschließen. Es ist sicherzustellen, dass vollständig gesättigter Wasserdampf mit einer Temperatur von maximal 70 °C und einem Massenstrom von 20 g/s für den Prüfaufbau bereitgestellt werden kann.

Die Umgebungstemperatur im Prüfraum muss (20 ± 5) °C betragen. Die Abweichungen von der Prüftemperatur dürfen ± 2 K nicht überschreiten.

Die zugeführte Luft im Luftspalt zwischen Prüfabschnitt und Prüfrohr ist durch Lüftungsöffnungen aus dem Luftspalt abzusaugen. Die Temperatur der Luft im Luftspalt muss (20 ± 5) °C und die relative Luftfeuchte < 10 % betragen.

16.13.2 Prüfabschnitt

Der Prüfabschnitt muss aus mindestens einem Innenrohr oder aus Formblöcken bestehen, die bei zylindrischen Innenrohren einen Innendurchmesser von 0,14 m, bei quadratischen Innenrohren eine Kantenlänge von $0,14 \text{ m} \times 0,14 \text{ m}$ oder die nächste im Handel verfügbare Größe haben. Der Prüfabschnitt muss eine Länge von $(1,0 \pm 0,1)$ m aufweisen, die das Material des Innenrohrs und den Fugenmörtel (z. B. säurebeständiger Spezialmörtel) in Übereinstimmung mit den Festlegungen des Herstellers beinhaltet.

Unabhängig von der Länge des Innenrohrs sollte der Prüfabschnitt mindestens eine Fuge aufweisen. Innenrohre mit einer Länge > 1 m dürfen geschnitten werden, um eine Fuge herzustellen.

16.13.3 Anordnung der Messstellen und Aufzeichnungen

16.13.3.1 Allgemeines

Die nachstehend aufgeführten Daten sind aufzuzeichnen.

16.13.3.2 Luftzufuhr zum Prüfabschnitt

- a) Die zugeführte Luft am Eingang zum Innenrohr (wasserdampfgesättigte Luft);
 - 1) Temperatur;
 - 2) relative Luftfeuchte,
 - 3) Geschwindigkeit des Luftstroms zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Massenstroms;
- b) Die zugeführte Luft am Auslass des Innenrohrs (wasserdampfgesättigte Luft);
 - 1) Temperatur;
 - 2) relative Luftfeuchte.

16.13.3.3 Prüfabschnitt

Die Temperatur der Innenwand des Prüfabschnitts ist an vier verschiedenen Stellen (18, 19, 20 und 21) zu messen, um den Mittelwert der Innenwandtemperatur zu bestimmen. Bei Prüfabschnitten mit einer Wanddicke $\leq 0,02$ m darf der Mittelwert der Außenwandtemperatur anstelle der Innenwandtemperatur verwendet werden (in diesem Fall darf die Innenwandtemperatur zur Berechnung der Werte der Außenwandtemperatur des Prüfabschnitts verwendet werden). Die Anordnung der Temperaturmessstellen muss Bild 11 entsprechen.

16.13.3.4 Luftfeuchte in der Prüfvorrichtung

Die zugeführte Luft im Luftspalt

- a) Luft am Einlass des Luftspalts:
 - 1) Temperatur;
 - 2) relative Luftfeuchte;
 - 3) Geschwindigkeit des Massenstroms zur Bestimmung des Massenstroms;
- b) Luft am Auslass des Luftspalts
 - 1) relative Luftfeuchte;
 - 2) Temperatur.

16.13.3.5 Prüfraum

Es ist die Raumtemperatur in einem Abstand von 1,5 m oberhalb des Bodens und in einem Abstand von mindestens 1 m zur Prüfanordnung zu messen.

16.13.3.6 Beschreibung des Prüfabschnitts

- a) Innenrohr, Formblock (die Daten sind nach der Prüfung aufzunehmen):
- 1) Beschreibung des Innenrohrs;
 - 2) Maße;
 - 3) Dichte;
 - 4) Wasseraufnahme;
- b) Fugenmörtel; es ist sicherzustellen, dass es sich um die vom Hersteller gelieferte Probe handelt:
- 1) Beschreibung;
 - 2) Dichte.

16.13.4 Durchführung

16.13.4.1 Trocknungsphase

Vor der Prüfung ist der Prüfabschnitt mindestens 72 h bei einer Temperatur zu trocknen, die der maximalen Betriebstemperatur entspricht, jedoch 200 °C nicht übersteigt.

16.13.4.2 Temperatur und Luftfeuchtebedarf für den Prüfabschnitt, Prüfung Bild 11

Der Prüfabschnitt ist nach Einbau in die in Bild 11 dargestellte Prüfeinrichtung zu prüfen:

- Mit einer Luftströmungsgeschwindigkeit von $(1,0 \pm 0,1)$ m/s und einer Temperatur von (55 ± 2) °C;
- Wasser ist über den Prüfabschnitt zur Luft hinzuzufügen, sodass die relative Luftfeuchte in der Mitte des Prüfabschnitts mindestens 95 % erreicht.

Die Beseitigung der feuchten Luft im Luftspalt erfolgt über Entlüftungsöffnungen. Dabei ist der Massenstrom an feuchter Luft im Luftspalt so zu kontrollieren, dass am Auslass des Luftspalts eine relative Luftfeuchte von 60 % aufrechterhalten wird. Sofern die Temperatur und die Luftfeuchte sich im Gleichgewicht befinden, sind die Werte nach 3.2 zu bestimmen. Der Massenstrom an feuchter Luft ist aus dem Luftmassenstrom und der relativen Luftfeuchte zwischen Ein- und Auslass des Luftspalts zu berechnen.

Sofern die Temperatur und die Luftfeuchte sich im Gleichgewicht befinden, sind die in 16.13.3.1, 16.13.3.2 und 16.13.3.4 aufgeführten Werte zusätzlich zu bestimmen.

Die Temperatur befindet sich im Gleichgewicht, wenn sich der Messwert für den Massenstrom an feuchter Luft innerhalb von 24 h in drei aufeinander folgenden Messungen um nicht mehr als 1 K ändert oder die Dauer der Prüfung mindestens drei Wochen beträgt.

Die Luftfeuchte befindet sich im Gleichgewicht, wenn sich der Messwert für den Massenstrom an feuchter Luft innerhalb von 24 h in drei aufeinander folgenden Messungen um nicht mehr als 10 % ändert oder die Dauer der Prüfung mindestens drei Wochen beträgt.

16.13.4.3 Charakteristische Werte für den Prüfabschnitt

Nach Ablauf des Prüfverlaufs sind die Daten nach 16.13.3.5 zu bestimmen.

16.13.5 Ergebnisse

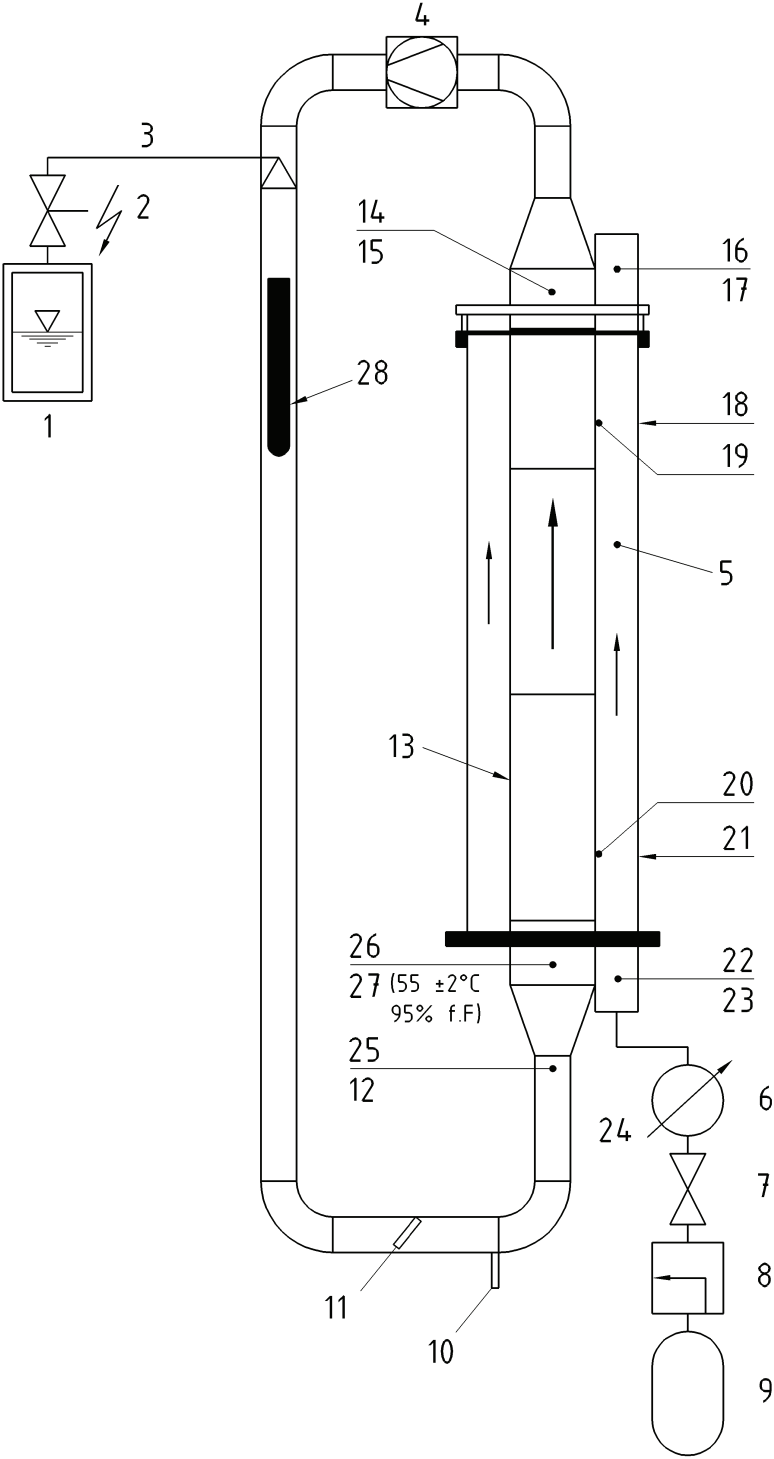
Der Massenstrom an feuchter Luft durch das Innenrohr, bezogen auf die Innenfläche, ist unter linearer Interpolation der Prüfergebnisse für eine übliche Innenwandtemperatur von 50 °C zu ermitteln.

16.13.6 Messeinrichtung — Zusammensetzung, Messbereich, Unsicherheit

Tabelle 7

Messwert bzw. -einrichtung	Messbereich	Unsicherheit
1 Abluft		
Temperatur der heißen Gase		
— Thermoelemente	Bis 100 °C	± 1,5 °C
relative Luftfeuchte		
— Messvorrichtung mit geeignetem Messbereich	0 % bis 100 %	± 2 % relative Luftfeuchte
Massenstrom an heißen Gasen		
— Venturirohr	bis 5 m/s	± 0,1 m/s
2 Prüfabschnitt		
Wandtemperatur		
— Thermoelemente	bis 100 °C	± 1,5 °C
3 Massenstrom an feuchter Luft		
Lufttemperatur		
— Thermoelemente	bis 100 °C	± 1,5 °C
relative Luftfeuchte		
— Messvorrichtung mit geeignetem Messbereich	0 % bis 100 %	± 2 % relative Luftfeuchte
4 Umgebungsluft im Prüfraum		
Temperatur		
— Thermoelemente	bis 100 °C	± 1,5 °C
5 Charakteristische Werte		
Maße des Prüfabschnitts		
— Länge der Messvorrichtung, Mikrometer		± 1/0,1 mm
Dichte	bis 6 kg	± 0,1 g
— Wiegeeinrichtung		

16.13.7 Prüfstand



Legende

1	Dampfgenerator		8	Druckminderer	
2	Magnetventil		9	Druckluft	
3	Wasserdampf		10	Kondensatablauf	
4	Entlüftung		11	Drossel	
5	Luftspalt zur Entlüftung		12	Pitotrohr	
6	Durchflussmessgerät		13	Prüfkörper	
7	Nadelventil				
14	Temperatur des Prüfabschnitts – Auslass	[°C]	21	Wandtemp. des Prüfrohrs – min.	[°C]
15	rel. Luftfeuchte im Prüfabschnitt – Auslass	[%]		Außentemp.	
16	Temperatur im Luftspalt – Auslass	[°C]	22	Temperatur im Luftspalt – Einlass	[°C]
17	rel. Luftfeuchte im Luftspalt – Auslass	[%]	23	relative Luftfeuchte im Luftspalt – Einlass	[%]
18	Wandtemp. Prüfrohr – max. Außentemp.	[°C]	24	Luftmassenstrom	[l/h]
19	Wandtemp. Keramikrohr – max. Außentemp.	[°C]	25	Massenstrom heißer Gase	[m/s]
20	Wandtemp. Keramikrohr – min. Außentemp.	[°C]	26	Temperatur des Prüfabschnitts – Einlass	[°C]
			27	rel. Luftfeuchte des Prüfabschnitts – Einlass	[%]
			28	Heizung	

Bild 11

17 Bezeichnung

Für die Bezeichnung von Innenrohren ist Folgendes anzugeben:

- Benennung;
- Normnummer;
- Nennmaß;
- Typ oder Typen (bei Prüfung ohne Dämmung ist anzugeben: „ohne Dämmung geprüft“);
- Nennwinkel der Krümmung (falls zutreffend);
- Kondensatklasse;
- Korrosionsklasse.

BEISPIEL

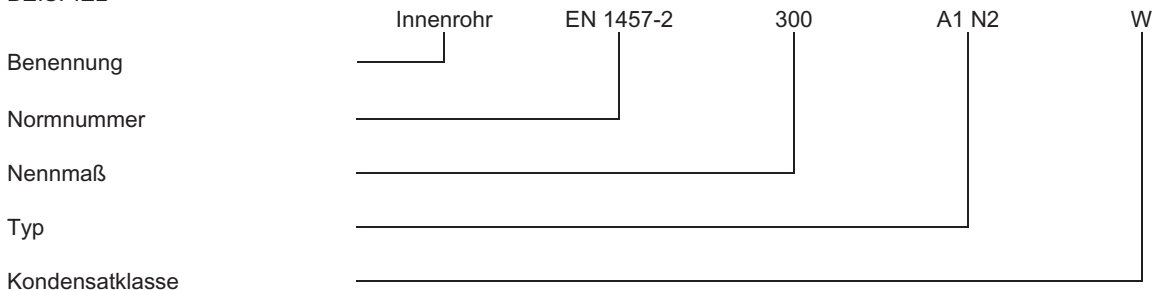


Bild 12

18 Kennzeichnung

Alle Innenrohre sind wie folgt zu kennzeichnen:

- EN 1457-2;
- Herstellername und Herstellungsdatum;
- Nummer des Typs oder Nummer der Typen.

ANMERKUNG Für die CE-Kennzeichnung und Etikettierung gilt ZA.3 in Anhang ZA.

Anhang A (normativ)

Probenahmeverfahren für eine annehmbare Qualitätsgrenzlage (AQL) von 10 % und ein Prüfniveau S2

A.1 Bestimmung der Annahmekriterien

ANMERKUNG Es kann ein einfaches oder ein doppeltes Probenahmeverfahren durchgeführt werden.

A.1.1 Einfaches Probenahmeverfahren

Wenn die Anzahl der Fehler in einer Probe gleich oder geringer als die Annahmezahl ist, sind die Chargen anzunehmen.

Wenn die Anzahl der Fehler in einer Probe gleich oder größer als die Zurückweisungszahl ist, ist die Charge zurückzuweisen.

Wenn eine reduzierte Überwachung wirksam ist und die Annahmezahl überschritten wurde, die Zurückweisungszahl jedoch nicht erreicht wurde, ist die Charge anzunehmen, und es ist wieder eine übliche Überwachung anzusetzen. Wenn die Zurückweisungszahl erreicht oder überschritten wurde, ist die Charge zurückzuweisen, und es ist wieder eine übliche Überwachung anzusetzen.

A.1.2 Doppeltes Probenahmeverfahren

Die Anzahl der Probeneinheiten muss der ersten Probengröße im Plan entsprechen. Wenn die Anzahl der Fehler in der ersten Probe gleich oder geringer als die erste Annahmezahl ist, muss die Charge angenommen werden. Wenn die Anzahl der Fehler in der ersten Probe gleich oder größer als die erste Zurückweisungszahl ist, muss die Charge zurückgewiesen werden. Wenn die Anzahl der Fehler in der ersten Probe zwischen der ersten Annahme- und der ersten Zurückweisungszahl liegt, ist die zweite Probe der im Plan angegebenen Größe zu überwachen.

Die Anzahl der Fehler in der ersten und zweiten Probe ist zu akkumulieren. Wenn die akkumulierte Anzahl der Fehler gleich oder geringer als die zweite Annahmezahl ist, muss die Charge angenommen werden. Wenn die akkumulierte Anzahl der Fehler gleich oder größer als die zweite Zurückweisungszahl ist, muss die Charge zurückgewiesen werden. Wenn dieser Fall bei einer reduzierten Überwachung eintritt, muss für die nächste Charge wieder die übliche Überwachung durchgeführt werden.

Wenn bei einer reduzierten Überwachung nach der zweiten Probe die Annahmezahl überschritten, die Zurückweisungszahl jedoch noch nicht erreicht wurde, ist die Charge anzunehmen und wieder die übliche Überwachung durchzuführen.

A.2 Übliches Überwachungsverfahren

Die für die Chargengröße entsprechende Probengröße sowie die Annahme- und Zurückweisungswerte für die Anzahl der Fehler müssen Tabelle A.1 entsprechen. Die Probeneinheiten sind stichprobenartig zu entnehmen.

Tabelle A.1 — Probenahmepläne für die übliche Überwachung

Chargengröße	Einfache Probenahme			Doppelte Probenahme					
	Anzahl der Proben	Anzahl der akzeptierten Proben	Anzahl der zurückgewiesenen Proben	Anzahl Proben der ersten Serie	Anzahl der akzeptierten Proben	Anzahl der zurückgewiesenen Proben	Anzahl Proben der zweiten Serie	Anzahl der akzeptierten Proben	Anzahl der zurückgewiesenen Proben
2 bis 1 200	5	1	2	3	0	2	3	1	2
1 201 bis 20 000	8	2	3	5	0	3	5	3	4

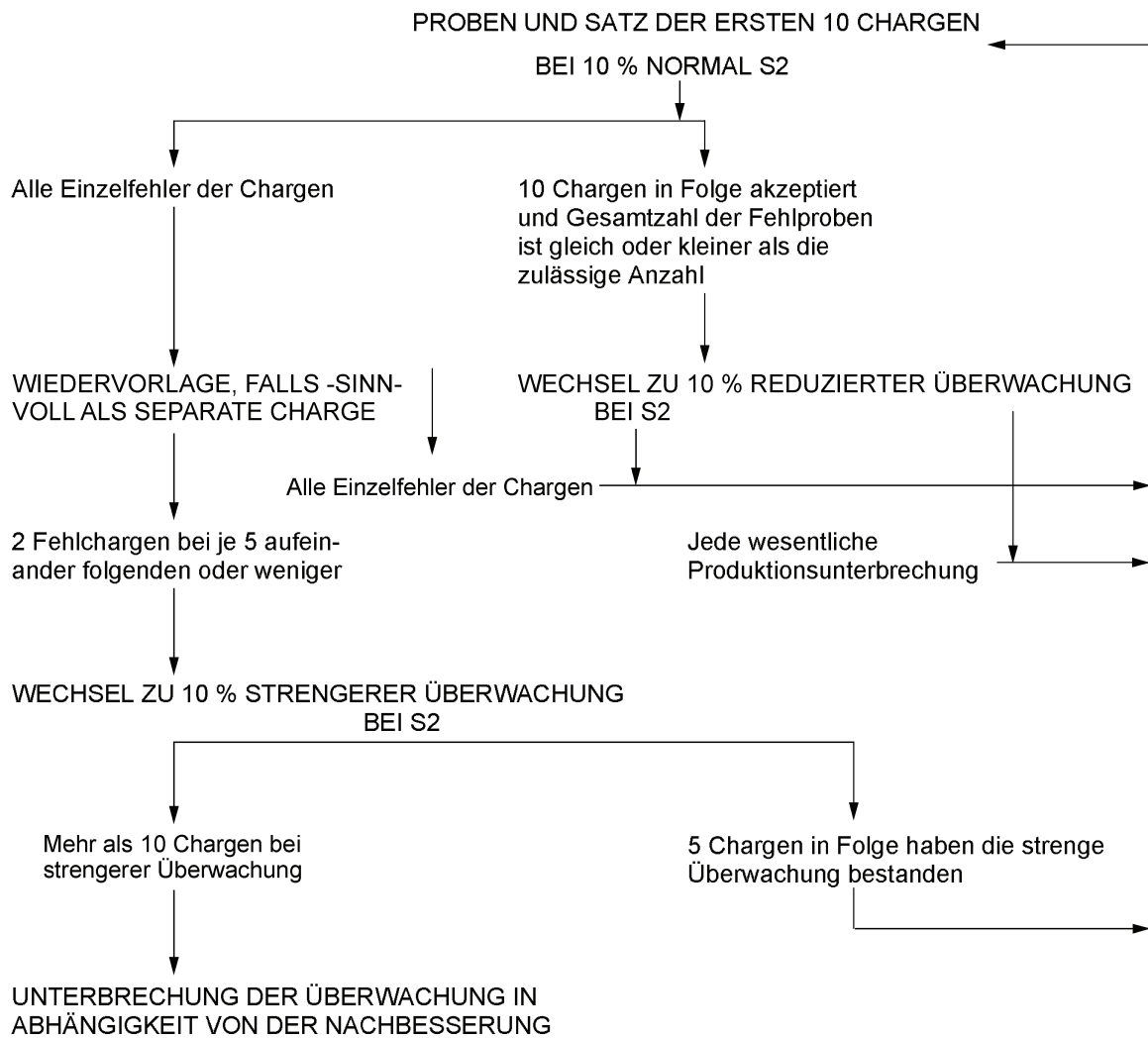


Bild A.1 — Zusammenfassung der Probennahmeverfahren (kontinuierliche Chargen)

A.3 Wechsel von üblicher zu reduzierter Überwachung

Ein reduziertes Prüfniveau nach Tabelle A.2 ist bei wirksamer üblicher Überwachung anzuwenden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind.

- a) Die ersten zehn Chargen wurden einer üblichen Überwachung unterzogen, und keine Charge wurde bei der ursprünglichen Überwachung zurückgewiesen.
- b) Die Gesamtzahl der Fehler in den Proben der ersten zehn Chargen (oder eine andere geforderte Anzahl nach Tabelle A.3) ist gleich oder kleiner als die Grenzzahl in Tabelle A.3.

Bei einer doppelten Probenahme sollten nicht nur die ersten Proben, sondern alle untersuchten Proben einbezogen werden.

Tabelle A.2 — Probenahmepläne für die reduzierte Überwachung

Größe der Chargen	Einfache Probenahme			Doppelte Probenahme					
	Anzahl der Proben	Anzahl der akzeptierten Proben	Anzahl der zurückgewiesenen Proben	Anzahl Proben der ersten Serie	Anzahl der akzeptierten Proben	Anzahl der zurückgewiesenen Proben	Anzahl Proben der zweiten Serie	Anzahl der akzeptierten Proben	Anzahl der zurückgewiesenen Proben
2 bis 1 200	2	0	2	Nicht anwendbar					
1 201 bis 20 000	3	1	3	2	0	3	2	0	4

Tabelle A.3 — Zulässige Grenzzahl der Fehlproben beim Übergang von üblicher zu reduzierter Überwachung

Anzahl Proben von den letzten zehn Chargen	Grenzzahl der Fehlproben
20 bis 29	0
30 bis 49	0
50 bis 79	2
80 bis 129	4

A.4 Wechsel von reduzierter zu üblicher Überwachung

Bei einer reduzierten Überwachung ist die übliche Überwachung dann wieder einzusetzen, wenn eine Charge zurückgewiesen wurde oder wenn eine Charge angenommen wurde, ohne dass Annahme- bzw. Zurückweisungskriterien festgelegt worden sind (siehe A.1.1 und A.1.2).

A.5 Strenge Überwachung

Eine strenge Überwachung nach Tabelle A.4 ist anzuwenden, wenn entweder ein neues Produkt überwacht wird, zwei oder mehr Chargen aus fünf aufeinander folgenden Chargen bei einer üblichen Überwachung zurückgewiesen wurden oder wenn eine zurückgewiesene Charge überwacht wird, nachdem die Einheiten mit zuvor unentdeckten sichtbaren Fehlern entfernt wurden.

Tabelle A.4 — Probenahmepläne für die strenge Überwachung

Größe der Chargen	Einfache Probenahme			Doppelte Probenahme					
	Anzahl der Proben	Anzahl der akzeptierten Proben	Anzahl der zurückgewiesenen Proben	Anzahl Proben der ersten Serie	Anzahl der akzeptierten Proben	Anzahl der zurückgewiesenen Proben	Anzahl Proben der zweiten Serie	Anzahl der akzeptierten Proben	Anzahl der zurückgewiesenen Proben
8 bis 20 000	8	1	2	5	0	2	5	1	2

A.6 Wechsel von strenger zu üblicher Überwachung

Eine strenge Überwachung ist so lange durchzuführen, bis fünf aufeinander folgende Chargen angenommen werden. Danach muss wieder die übliche Überwachung erfolgen.

A.7 Unterbrechung der Überwachung

Wenn zehn aufeinander folgende Chargen weiterhin einer strengen Überwachung unterzogen werden, sind die Vorkehrungen nach diesen Probenahmeplänen so lange zu unterbrechen, bis Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität der vorgelegten Chargen ergriffen worden sind.

Anhang B (normativ)

Wärmedurchlasswiderstand

B.1 Verfahren 1: Vereinfachte Berechnung des Wärmedurchlasswiderstands für Innenrohre ohne Hohlräume

Der Wärmedurchlasswiderstand kann näherungsweise nach den folgenden Gleichungen bestimmt werden, sofern die spezifischen Eigenschaften des Werkstoffs und die Schichtdicken bekannt sind.

- a) Mit Kenntnis der Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Rohrschalen:

$$R = D_h \sum_n \left[R_n \times \frac{1}{D_{h,n}} \right] \quad \text{in m}^2 \cdot \text{K/W} \quad (\text{B.1})$$

- b) Mit Kenntnis der Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten der Schichten:

$$R = y \sum_n \frac{D_h}{2 \times \lambda_n} \times \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \quad \text{in m}^2 \cdot \text{K/W} \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist

R der Wärmedurchlasswiderstand einer Rohrschale, bezogen auf ihre Innenoberfläche, in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$;

y der Formkoeffizient:

y ist gleich 1,0 bei kreisförmigen oder ovalen Querschnitten;

y ist gleich 1,10 bei quadratischen und rechteckigen Querschnitten bis zu einem Seitenverhältnis von gleich oder kleiner als 1 : 1,5;

D_h der hydraulische Innendurchmesser, in m;

$D_{h,n}$ der hydraulische Durchmesser der Innenseite jeder Schicht, in m;

λ_n der Wärmeleitfähigkeitskoeffizient des Schichtwerkstoffs bei 200 °C, in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

B.2 Verfahren 2: Wärmedurchlasswiderstand für Innenrohre mit Hohlräumen oder ohne Hohlräume

B.2.1 Allgemeines

Dieser Anhang behandelt die computerunterstützte Berechnung des Wärmedurchlasswiderstands für Innenrohre, die aus einem oder mehreren Werkstoffen hergestellt sind.

Die Berechnung beruht auf der Transformation der Wärmeleitungsgleichung in eine Gleichung mit finiter Differenz.

Die „finite Differenz“ wurde für ein Netzwerk entwickelt, bei dem die Maße entsprechend dem Typ des Innenrohrs ausgewählt werden. Dieses Netzwerk besitzt zwei Koordinatenrichtungen (x, y).

B.2.2 Angaben

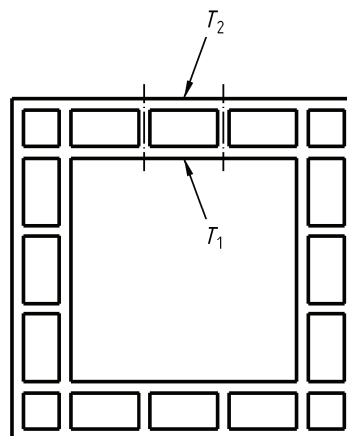
B.2.2.1 Thermische Eigenschaften des Werkstoffs

Entweder wird die Wärmeleitfähigkeit der Keramik in zwei vom Hersteller angegebene Richtungen (x, y) oder die in Tabelle B.1 angegebene Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Dichte der Keramik angewendet.

Tabelle B.1 — Wärmeleitfähigkeit der Keramik

Dichte kg/m ³	Wärmeleitfähigkeit W/(m · K)
1 000	0,27
1 100	0,30
1 200	0,33
1 300	0,36
1 400	0,40
1 500	0,43
1 600	0,47
1 700	0,51
1 800	0,55
1 900	0,60
2 000	0,64
2 100	0,69
2 200	0,74
2 300	0,79
2 400	0,84

B.2.2.2 Randbedingungen



Legende

- T_i innere Temperatur, d. h. die Abgastemperatur
- h_i innerer Wärmeübergangskoeffizient
- T_1, T_2 innere Oberflächentemperatur im Hohlraum

Bild B.1 — Randbedingungen

— Innere Bedingungen

$$T_i = 200 \text{ °C}$$

$$h_i = 16,67 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

— Äußere Bedingungen

$$T_e = 50 \text{ °C}$$

$$h_e = 9,09 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

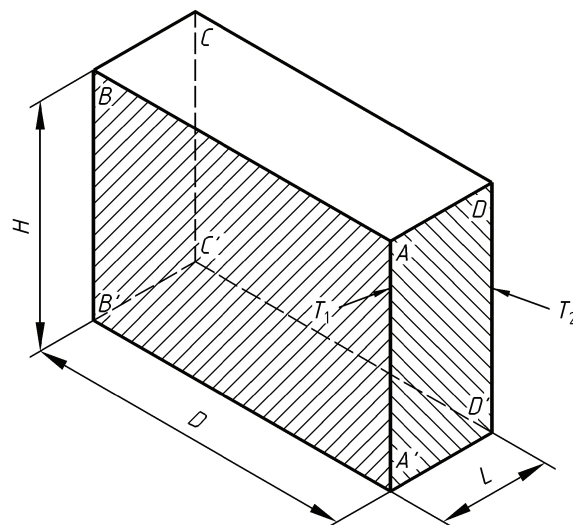
B.2.3 Spezifische Bedingungen für die Hohlräume

B.2.3.1 Allgemeines

Die Hohlräume werden als Werkstoffe mit äquivalenten thermischen Eigenschaften angesehen. Es wird berücksichtigt, dass die durch Konvektions-Wärmeleitung und die durch Abstrahlung übertragenen Wärmeströme auf ein Wärmeleitungsproblem reduziert werden.

Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Hohlraums wird mit einem spezifischen Computerprogramm berechnet, das nicht mit dem Programm für den Wärmedurchlasswiderstand des Innenrohrs verbunden ist.

Für den Hohlraum wird das folgende Bezeichnungssystem verwendet:



Legende

- L* Breite des Hohlraums, in Meter
- H* Höhe des Hohlraums, in Meter
- D* Länge des Hohlraums, in Meter

Bild B.2 — Bezeichnungssystem für Hohlräume

Die Ansichten ABB'A' und DCC'D' gelten für die Temperaturen T_1 bzw. T_2 .

Die Ansichten ADD'A' und BCC'B' werden als adiabatisch angenommen.

B.2.3.2 Durch Wärmeleitung-Konvektion in Luft übertragene Wärme

$$\Phi_c = h_c \times (H \times D) \times (T_1 - T_2) \quad \text{in W} \quad (\text{B.3})$$

Dabei ist

h_c der Konvektionskoeffizient, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

$h_c = \lambda_{\text{Luft}}/L$ für die Wärmeleitung in Verbindung nur mit Luft bei $170 \text{ }^\circ\text{C}$, $\lambda_{\text{Luft}} = 0,0366 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;

λ_{Luft} ist die Wärmeleitfähigkeit der Luft, in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Der Übergang zwischen Wärmeleitung und Konvektion tritt bei dem folgenden Gr -Wert (Grashof-Zahl) auf:

$$Gr = 4\,007 \times A^{4/9}$$

Bei $Gr > 4\,007 \times A^{4/9}$ gilt:

$$h_c = \frac{4,6 \times 10^{-3} \times Gr^{1/4}}{L \times A^{1/9}} \quad (\text{B.4})$$

Bei $Gr < 4007 \times A^{4/9}$ gilt

$$h_c = 0,0366/L$$

mit $A = H/L$ und

$$Gr = \frac{\rho^2 \times g \times \beta}{\mu^2} \times L^3 (T_1 - T_2) \quad (\text{B.5})$$

Dabei ist

μ die dynamische Viskosität der Luft, in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$;

ρ die Dichte der Luft, in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;

$$\beta = \frac{1}{T} \quad (\text{B.6})$$

β der Koeffizient für die thermische Volumenexpansion, in K^{-1} ;

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2};$$

g die Erdbeschleunigung, in $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$;

Für Luft bei $170 \text{ }^\circ\text{C}$ ist:

$$Gr = 2,34 \times 10^7 \times L^3 (T_1 - T_2) \quad (\text{B.7})$$

B.2.3.3 Strahlungswärme

$$\Phi_r = h_r \times (H \times D) \times (T_1 - T_2) \quad \text{in W} \quad (\text{B.8})$$

Dabei ist

h_r der Abstrahlungskoeffizient, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

Φ_r der durch Abstrahlung übertragene Wärmestrom, in W.

$$h_r = \frac{4 \times \sigma \times T_m^3}{2 \times \left[1/\varepsilon - \frac{F_{12}}{1 + F_{12}} \right]} \quad (\text{B.9})$$

Dabei ist

$$T_m = (T_1 + T_2)/2$$

T_m die mittlere Temperatur, in K;

σ die Boltzmann-Konstante;

ε der Emissionsgrad der Keramik; $\varepsilon = 0,9$;

F_{12} der Formfaktor der Ansichten 1 und 2;

$$X = H/L;$$

$$Y = D/L.$$

$$F_{12} = \frac{2}{\pi \times X \times Y} \left\{ \ln \left[\frac{(1 + X^2)(1 + Y^2)}{1 + X^2 + Y^2} \right]^{1/2} + X \sqrt{1 + Y^2} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1 + Y^2}} + Y \sqrt{1 + X^2} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1 + X^2}} - X \tan^{-1} X - Y \tan^{-1} Y \right\} \quad (\text{B.10})$$

B.2.3.4 Äquivalente Wärmeleitfähigkeit

$$h = h_c + h_r \quad (\text{B.11})$$

Dabei ist

h der gesamte Wärmeübergangskoeffizient, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

$$\lambda_e = h \times L$$

Dabei ist

λ_e die äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Hohlraums, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit eines nicht rechteckigen Hohlraums wird als die Wärmeleitfähigkeit eines rechteckigen Hohlraums mit der gleichen Fläche und dem gleichen Verhältnis der Maße nach EN ISO 6946 bestimmt.

B.2.4 Berechnungen

B.2.4.1 Allgemeines

Die Berechnung erfolgt an einem Querschnitt rechtwinklig zum Abgasstrom.

B.2.4.2 Numerische Lösung

Das Ergebnis der numerischen 2-D-Berechnung ist der Wärmestrom (Φ) in Watt je Meter Höhe des Innenrohrs:

$$U_i = \frac{\Phi}{(T_i - T_e) \times p_i} \quad (\text{B.12})$$

Dabei ist

U_i der innere Wärmeübergangskoeffizient, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

p_i der Innenumfang des Innenrohrs, in m;

$$R_i = \frac{1}{U_i} - \frac{1}{h_i} - \frac{1}{h_e} \times \left(\frac{p_i}{p_e} \right) \quad (\text{B.13})$$

R_i der innere Wärmedurchlasswiderstand des Innenrohrs, in $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$;

p_e der Außenumfang des Innenrohrs, in m.

B.3 Verfahren zur Bestimmung von Näherungswerten für den Durchlasswiderstand

Tabelle B.2 gibt Näherungswerte für den Durchlasswiderstand von Keramik-Innenrohren an.

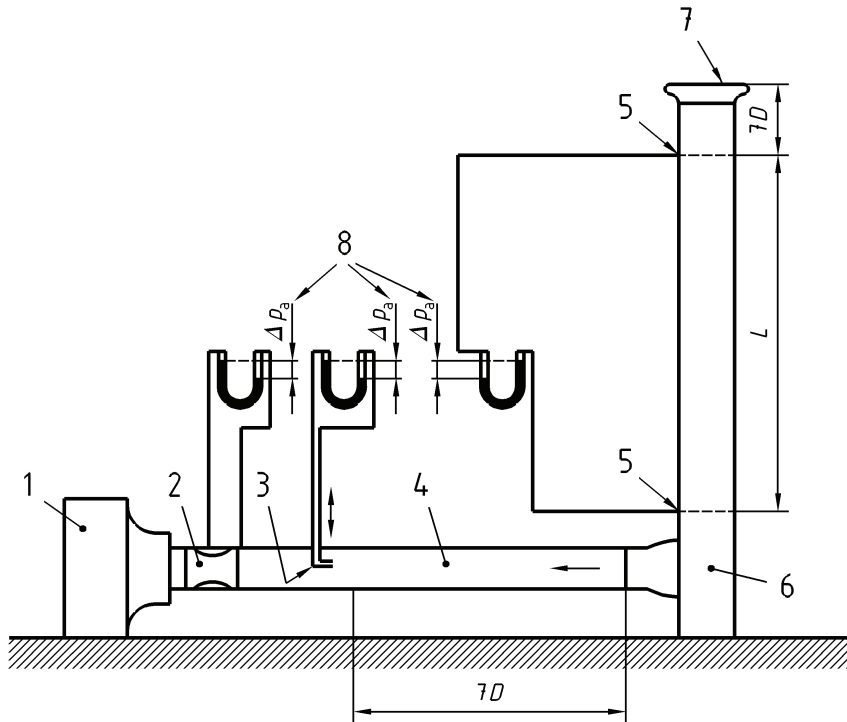
Tabelle B.2 — Wärmedurchlasswiderstand von Keramik-Innenrohren

Vertikale Lochung	Gesamtwanddicke mm	Dämmung	R $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$
Ohne	bis 50	ohne	0,05
Mit 1 Reihe	bis 30	ohne	0,08
Mit 1 Reihe	über 30 bis 60	ohne	0,12
Mit 2 Reihen	über 60	ohne	0,2
Mit 1 Reihe	über 30 bis 60	zusätzlich	0,46
Mit 2 Reihen	über 60	integriert	0,55

Anhang C (normativ)

Messtechnische Ermittlung des Reibungsbeiwerts von Abgasanlagen

Die messtechnische Ermittlung von Reibungsbeiwerten von Innenrohren mit Verbindungen erfolgt in einem Prüfstand nach Bild C.1.



Legende

- | | |
|-------------------|-----------------------------------|
| 1 Ventilator | 5 Druckmessgerät für Druckhaltung |
| 2 Messeinrichtung | 6 Prüfabgasanlage |
| 3 Druckmessgerät | 7 Einlassöffnung |
| 4 Prüfrohr | 8 Differenzdruckmessungen |

Bild C.1 — Prüfstand zur Ermittlung der Rauigkeit

Messverfahren:

Mittels eines Ventilators wird Luft über eine Messlänge in ein Prüfrohr, das am Ende befestigt ist, geblasen. Der statische Druckverlust über eine festgelegte Strecke wird mit einer Genauigkeit von 1 Pa gemessen. Die Luftgeschwindigkeit in der Messstrecke kann mittels einer Messdüse in Volumeneinheiten mit einer Genauigkeit von $\pm 2,5\%$ gemessen werden.

Der Reibungsbeiwert wird nach folgender Gleichung ermittelt:

$$\psi = \frac{2 \times D_h \times \Delta p}{\rho \times w \times L} \quad (\text{C.1})$$

Dabei ist

- ψ der Reibungsbeiwert;
- D_h der hydraulische Durchmesser, in Meter (m);
- Δp der Druckverlust, in Pa;
- ρ die Dichte der Luft, in kg/m³;
- w die Geschwindigkeit der Luft, in m/s.

Die mittlere Rauigkeit der Innenwand kann mit folgender Gleichung ermittelt werden:

$$\frac{1}{\sqrt{\psi}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{R_e \sqrt{\psi}} + \frac{\tau}{3,71 D_h} \right) \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist

- D_h der hydraulische Durchmesser, in m;
- τ der Mittelwert der Rauigkeit der Innenschale, in m;
- R_e die Reynolds-Zahl;
- ψ der Reibungsbeiwert im Innenrohr.

Bei Reynolds-Zahlen unter 2 300 gilt die Rohrreibungszahl, die für die Reynolds-Zahl 2 300 angewendet wird.

Anhang ZA (informativ)

Abschnitte dieser Europäischen Norm, die Bestimmungen der EU-Bauproduktenrichtlinie betreffen

ZA.1 Anwendungsbereich und relevante Eigenschaften

Diese Europäische Norm wurde gemäß dem von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CEN erteilten Mandat M/105 „Abgasanlagen und spezifische Produkte“ und unter Einbeziehung der Änderungen durch die Mandate M/117, M/130, M/442 und M/447 erarbeitet.

Die in diesem Anhang aufgeführten Abschnitte dieser Europäischen Norm erfüllen die Anforderungen der Mandate, die auf der Grundlage der EU-Bauproduktenrichtlinie (89/106/EWG) erteilt wurden.

Die Übereinstimmung mit diesen Abschnitten berechtigt zur Vermutung, dass die von dieser Europäischen Norm abgedeckten Innenrohre und Formstücke für die vorgesehenen Verwendungszwecke geeignet sind; es ist auf die Angaben zu verweisen, die der CE-Kennzeichnung beigelegt sind.

WARNUNG — Für die Bauprodukte, die in den Anwendungsbereich dieser Europäischen Norm fallen, können weitere Anforderungen und EU-Richtlinien, welche die Eignung der Produkte für die vorgesehenen Verwendungszwecke nicht beeinflussen, gelten.

ANMERKUNG 1 Zusätzlich zu den konkreten Abschnitten dieser Norm, die sich auf gefährliche Substanzen beziehen, kann es weitere Anforderungen an die Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, geben (z. B. umgesetzte europäische Rechtsvorschriften und nationale Rechts- und Verwaltungsvorschriften). Um die Bestimmungen der EU-Bauproduktenrichtlinie zu erfüllen, ist es notwendig, die besagten Anforderungen, sofern sie Anwendung finden, ebenfalls einzuhalten.

ANMERKUNG 2 Eine Informations-Datenbank über europäische und nationale Bestimmungen über gefährliche Substanzen ist auf der Website der Kommission EUROPA (Zugang über <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/cpd-ds>) verfügbar.

Dieser Anhang gibt die Bedingungen für die CE-Kennzeichnung der Keramik-Innenrohre für die in der Tabelle ZA.1 angegebenen Verwendungszwecke an und führt die einschlägigen geltenden Abschnitte auf.

Der Anwendungsbereich dieses Anhangs entspricht bezüglich des vom Mandat abgedeckten Aspekts dem Anwendungsbereich von Abschnitt 1 der vorliegenden Norm und ist in Tabelle ZA.1 festgelegt.

Tabelle ZA.1 — Anwendungsbereich und relevante Abschnitte

Bauprodukt: Gerade oder gekrümmte Keramik-Innenrohre (einschließlich Abzugsrohren und Formstücken), mit oder ohne Inspektionsöffnungen, wie in Abschnitt 1 dieser Norm angegeben			
Vorgesehener Verwendungszweck: Abgasanlagen			
Wesentliche Eigenschaften	Abschnitte mit Anforderungen in dieser Norm	Klassen oder Stufen	Anmerkungen
Gasdichtheit/Leckage	9.2.2 Gasdichtheit/Leckage nach Prüfung der thermischen Schockbeanspruchung	Keine	Bestanden/Nicht bestanden in Abhängigkeit von einem Grenzwert
Strömungswiderstand	13 Strömungswiderstand	Keine	Angegebene mittlere Rauigkeit (in Meter)
Wärmedurchlasswiderstand	14 Wärmedurchlasswiderstand	Keine	Angegebener Wert für den Wärmedurchlasswiderstand
Feuerwiderstand	9.2 Gasdichtheit/Leckage nach Rußbrand	G	Rußbrandbeständigkeitsklasse (Produkte, die nicht rußbrandbeständig sind, werden mit O gekennzeichnet)
Druckfestigkeit	8 Prüflast	Keine	Angegebene Last (in Abhängigkeit von einem Grenzwert)
Dauerhaftigkeit: Säurebeständigkeit	10.1 Korrosionswiderstand	Keine	Kriterien bestanden/nicht bestanden in Abhängigkeit von einem Grenzwert
Dauerhaftigkeit: Frost/Tau-Wechselbeständigkeit	10.2 Frost/Tau-Wechselbeständigkeit	Keine	Kriterien bestanden/nicht bestanden
Dauerhaftigkeit: Abriebbeständigkeit	12 Abriebbeständigkeit	Keine	Kriterien bestanden/nicht bestanden in Abhängigkeit von einem Grenzwert
Dauerhaftigkeit: Kondensatbeständigkeit	13 Kondensatbeständigkeit	Keine	Kriterien bestanden/nicht bestanden in Abhängigkeit von einem Grenzwert
Gefährliche Substanzen	ZA.1 Anmerkungen 1 und 2	Keine	Wie im letzten Abschnitt und der Anmerkung in ZA.3 nach dem Beispiel angegeben

Die Anforderung an eine bestimmte Eigenschaft gilt nicht in denjenigen Mitgliedstaaten, in denen es keine gesetzliche Bestimmung für diese Eigenschaft für den vorgesehenen Verwendungszweck des Produkts gibt. In diesem Fall sind Hersteller, die ihre Produkte auf dem Markt dieser Mitgliedstaaten einführen wollen, nicht verpflichtet, die Leistung ihrer Produkte in Bezug auf diese Eigenschaft zu bestimmen oder anzugeben, und es darf die Option „Keine Leistung festgestellt“ (NPD; en: NPD = *No Performance Determined*) in den Angaben zur CE-Kennzeichnung (siehe ZA.3) verwendet werden. Die Option NPD darf jedoch nicht verwendet werden, wenn für die Eigenschaft ein einzuhaltender Grenzwert angegeben ist.

ZA.2 Verfahren der Konformitätsbescheinigung von Keramik-Innenrohren und -Formstücken

ZA.2.1 System der Konformitätsbescheinigung

Das System der Konformitätsbescheinigung von Keramik-Innenrohren und Formstücken nach Tabelle ZA.2 ist für den dort vorgesehenen Verwendungszweck in der Tabelle ZA.2 angegeben. Die Angabe des Systems der Konformitätsbescheinigung erfolgt in Übereinstimmung mit der Entscheidung der Kommission 95/467/EG vom 1995-10-24 (Amtsblatt der EU L 268 vom 1995-11-10, S. 29), die durch die Kommissionsentscheidungen 2001/596/EG vom 2001-01-08 (Dok. L 209, S. 33, vom 2001-08-02) und 2002/592/EG vom 2002-07-15 (Dok. L 192, S. 57, vom 2002-07-20) geändert wurde, sowie in Übereinstimmung mit Anhang III der geänderten Fassung des Mandats M/105.

Tabelle ZA.2 — System der Konformitätsbescheinigung

Produkte	Vorgesehener Verwendungszweck	Stufe(n) oder Klasse(n) (Brandverhalten)	System der Konformitätsbescheinigung
Innenrohre (Elemente und Formstücke)	Abgasanlagen	Alle	2+
System 2+: Siehe BPR, Anhang III.2 (ii), 1. Möglichkeit, einschließlich Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle durch eine zugelassene Stelle auf Grundlage einer laufenden Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle.			

Die Konformitätsbescheinigung der Produkte nach Tabelle ZA.1 muss auf dem Verfahren zur Bewertung der Konformität nach Tabelle ZA.3 beruhen, das sich aus der Anwendung der dort angegebenen Abschnitte dieser Europäischen Normen ergibt.

Tabelle ZA.3 — Zuordnung der Aufgaben der Bewertung der Konformität

Aufgaben		Inhalt der Aufgabe	Anzuwendende Abschnitte
Aufgaben des Herstellers	Werkseigene Produktionskontrolle	Parameter, bezogen auf alle Eigenschaften in Tabelle ZA.1	15.4 und Anhang A
	Erstprüfung	Alle Eigenschaften in Tabelle ZA.1	15.2
	Weitere Typprüfungen an aus dem Werk nach dem vorgeschriebenen Plan entnommenen Prüfkörpern	Alle Eigenschaften in Tabelle ZA.1, die für den vorgesehenen Verwendungszweck relevant sind und deklariert werden	15.3
Aufgaben der notifizierten Stelle	Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle auf folgender Grundlage:	Erstinspektion des Werkes und der werkseigenen Produktionskontrolle	15.4
		Laufende Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle	15.3, 15.4 und Anhang A

ZA.2.2 EG-Zertifikat und Konformitätserklärung

Wenn Übereinstimmung mit den Bedingungen dieses Anhangs erzielt worden ist und die notifizierte Stelle das unten angegebene Zertifikat ausgestellt hat, muss der Hersteller oder sein im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) ansässiger Bevollmächtigter eine Konformitätserklärung ausstellen und aufbewahren, welche es dem Hersteller erlaubt, die CE-Kennzeichnung anzubringen. Diese Erklärung muss folgende Angaben enthalten:

- Name und Anschrift des Herstellers oder seines im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) ansässigen Bevollmächtigten und Herstellungsort;
- Beschreibung des Produkts (Art, Kennzeichnung, Verwendung, ...) und eine Kopie der zur CE-Kennzeichnung zusätzlich zu machenden Angaben;
- Bestimmungen, denen das Produkt entspricht (z. B. Anhang ZA von EN 1457-2:2012);
- besondere Verwendungshinweise (z. B. Hinweise für die Verwendung unter bestimmten Bedingungen usw.);
- Nummer des dazugehörigen Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle;
- Name und Funktion der Person, die zur Unterzeichnung der Erklärung im Namen des Herstellers oder seines Bevollmächtigten ermächtigt ist.

Der Erklärung muss ein Zertifikat über die werkseigene Produktionskontrolle beigelegt sein, das von der notifizierten Stelle erstellt wurde und zusätzlich zu den oben angegebenen Informationen Folgendes beinhaltet:

- Name und Anschrift der notifizierten Stelle;
- Nummer des Zertifikats der werkseigenen Produktionskontrolle;
- Bedingungen und Gültigkeitsdauer des Zertifikats, sofern zutreffend;
- Name und Funktion der zur Unterzeichnung des Zertifikats ermächtigten Person.

Die oben genannte Erklärung und das Zertifikat sind in der/den Amtssprache(n) des Mitgliedstaates vorzulegen, in dem das Produkt zur Verwendung gelangen soll.

ZA.3 CE-Kennzeichnung und Etikettierung

Der Hersteller oder sein in der EU oder in der Europäischen Freihandelsassoziation ansässiger Bevollmächtigter ist verantwortlich für das Anbringen der CE-Kennzeichnung.

Das CE-Konformitätssymbol muss der Richtlinie 93/68/EWG entsprechen und ist zusammen mit der Kennnummer der notifizierten Stelle, dem Namen oder Bildzeichen des Herstellers und der Produktbezeichnung auf mindestens 20 % der Innenrohre oder Formstücke in jeder Lieferung anzubringen.

Zusätzlich ist die CE-Kennzeichnung zusammen mit den folgenden Angaben auf der Verpackung anzubringen und/oder in den Begleitdokumenten anzugeben:

- Kennnummer der notifizierten Stelle;
- Name oder Bildzeichen des Herstellers;
- die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem das Kennzeichen angebracht wurde;
- die eingetragene Anschrift des Herstellers;

DIN EN 1457-2:2012-04
EN 1457-2:2012 (D)

- Nummer des Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle;
- Verweisung auf diese Europäische Norm;
- Beschreibung des Produkts: Produktart (z. B. A1N2);
- Angaben zu den maßgebenden wesentlichen Eigenschaften, die in Tabelle ZA.1 aufgeführt sind, in Form von:
 - Werten, dargestellt als genormte Bezeichnung(en), siehe Abschnitt 17;
 - Werten und, falls maßgebend, der Stufe, die für jede wesentliche, in der Bezeichnung nicht eingeschlossene Eigenschaft anzugeben ist, wie in den „Anmerkungen“ zu Tabelle ZA.1 aufgeführt;
- „Keine Leistung festgestellt“ (NPD), für Eigenschaften, auf die dies zutrifft.

Die Option „Keine Leistung festgestellt“ (NPD) darf nicht angewendet werden, wenn für die Eigenschaft ein Grenzwert festgelegt wurde. Die NPD-Option darf hingegen angewendet werden, wenn die Eigenschaft für einen bestimmten Verwendungszweck keinen gesetzlichen Regelungen unterliegt.

Bild ZA.1 und Bild ZA.2 enthalten Beispiele zu den Angaben, die auf dem Produkt, der Verpackung und/oder den Begleitdokumenten anzubringen sind.

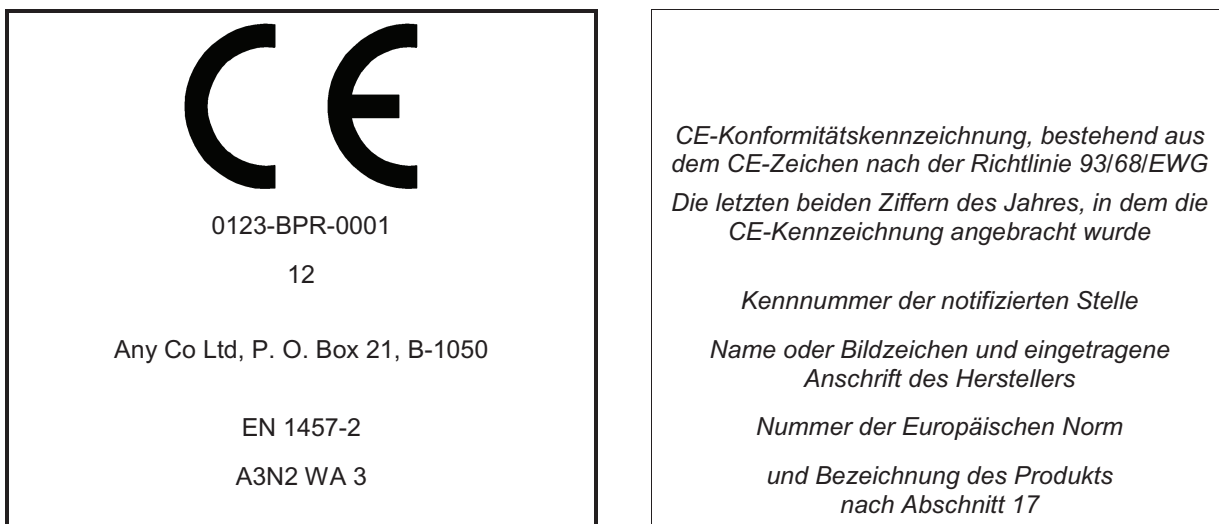


Bild ZA.1 — Beispiel für die Angaben der CE-Kennzeichnung auf dem Produkt

Weitere Informationen, die in ZA.3 festgelegt, jedoch nicht in Bild ZA.1 angegeben sind, müssen in den Begleitdokumenten enthalten sein.

Literaturhinweise

- [1] EN 1457-1, *Abgasanlagen — Keramik-Innenrohre — Teil 1: Innenrohre für Trockenbetrieb — Anforderungen und Prüfungen*
- [2] EN 45012, *Allgemeine Anforderungen an Stellen, die Qualitätsmanagementsysteme begutachten und zertifizieren (ISO/IEC Guide 62:1996)*
- [3] EN ISO 9001:2008, *Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen*