

DIN EN 17084

ICS 13.220.40; 45.060.01

Ersatz für
DIN EN 17084:2019-06

**Bahnanwendungen –
Brandschutz in Schienenfahrzeugen –
Prüfung der Toxizität von Materialien und Komponenten;
Deutsche Fassung EN 17084:2018 + AC:2020**

Railway applications –
Fire protection on railway vehicles –
Toxicity test of materials and components;
German version EN 17084:2018 + AC:2020

Applications ferroviaires –
Protection contre les incendies dans les véhicules ferroviaires –
Essai de toxicité des matériaux et des composants;
Version allemande EN 17084:2018 + AC:2020

Gesamtumfang 51 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 17084:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 087 00 14 AA „Brandschutz“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Dieses Dokument enthält die Berichtigung EN 17084:2018/AC:2020, angenommen von CEN am 2020-03-18.

Anfang und Ende der durch die Berichtigung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken   angegeben.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 17084:2019-06 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) Umsetzung der europäischen Berichtigung EN 17084:2018/AC:2020;
- b) umfassende Anpassung der Übersetzung;
- c) redaktionelle Änderungen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 17084: 2019-06

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Brandschutz in Schienenfahrzeugen —
Prüfung der Toxizität von Materialien und Komponenten**

Railway applications —
Fire protection on railway vehicles —
Toxicity test of materials and components

Applications ferroviaires —
Protection contre les incendies dans les véhicules
ferroviaires —
Essai de toxicité des matériaux et des composants

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1. Oktober 2018 angenommen und enthält das Corrigendum, das von CEN am 18. März 2020 angenommen wurde.

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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, 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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Grundlagen	7
4.1 Produktbewertung nach Toxizität	7
4.1.1 Allgemeine Grundlagen	7
4.1.2 Verfahren 1: Rauchkammer	8
4.1.3 Verfahren 2: Rohrofen	8
4.2 Analyse der flüchtigen Verbrennungsprodukte	8
5 Verfahren 1 — Rauchkammer	9
5.1 Prüfeinrichtung zur Gasprobenahme	9
5.1.1 Probenahmesonde	10
5.1.2 Hauptfilter	11
5.1.3 Probenahmeleitung vor der Gaszelle	12
5.1.4 Sekundärfilter	12
5.1.5 FTIR-Gaszelle	12
5.1.6 Konditionierung des Probenahmedurchflusses und der Pumpenkapazität	12
5.1.7 Probenahmedurchflussrate	12
5.1.8 FTIR-Spektrometer	13
5.2 Kalibrierung	13
5.2.1 Allgemeine Kalibrierungen	13
5.2.2 Kammerdichtheitsprüfung	13
5.2.3 Kalibrierung des Gasanalysators	13
5.3 Prüfumgebung	14
5.4 Konditionierung von Probekörpern	14
5.5 Vorbereitung der Probekörper	14
5.6 Gasprüfung	15
5.6.1 Bedingungen vor der Prüfung	15
5.6.2 Prüfung	15
5.6.3 Vorgänge vor der Prüfung	15
5.6.4 Vorgänge während der Prüfung	16
5.6.5 Tätigkeiten nach jeder Prüfung	17
5.7 Datenauswertung	17
5.7.1 Allgemeines	17
5.7.2 Berechnung des korrigierten Volumenanteils	17
5.7.3 Berechnung des Zeitversatzes	18
5.7.4 Streuung der Prüfergebnisse	18
6 Verfahren 2 — Rohrofen	19
6.1 Prüfeinrichtung	19
6.2 Prüfumgebung	19
6.3 Konditionierung der Probekörper	19
6.4 Vorbereitung der Probekörper	19
6.5 Prüfung auf Gase	19

7	Berechnungen des <i>CIT</i>	21
7.1	Einleitung	21
7.2	Berechnung des <i>CIT_G</i> – Verfahren 1	22
7.3	Berechnung des <i>CIT_{NLP}</i> – Verfahren 2	22
8	Prüfbericht.....	23
8.1	Für alle Produktprüfungen (nach Verfahren 1 oder Verfahren 2)	23
8.2	Für Prüfungen nach Verfahren 1	23
8.3	Für Prüfungen nach Verfahren 2	24
	Anhang A (informativ) Berechnungen für <i>FED/FEC</i>	25
A.1	Berechnung der <i>FED</i>	25
A.2	Berechnung der <i>FEC</i>	26
A.3	Skalierungsfaktor.....	26
A.4	Berichterstattung.....	27
	Anhang B (informativ) Beispiel für die Berechnung von <i>FED</i> und <i>FEC</i>	28
	Anhang C (informativ) Typisches Kalibrierverfahren unter Verwendung einer zertifizierten Gasflasche.....	44
C.1	Allgemeines	44
C.2	Konfiguration der Prüfeinrichtung.....	44
C.3	Kalibrierverfahren.....	45
	Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2008/57/EG	47
	Literaturhinweise.....	49

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 17084:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2008/57/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Dieses Dokument enthält das Corrigendum EN 17084:2018/AC:2020, durch das 5.2.3, 5.6.3 und 5.6.4 korrigiert werden.

Anfang und Ende der durch das Corrigendum eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken   angegeben.

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

Einleitung

Dieses Dokument wurde erstellt, um den Inhalt von EN 45545-2:2013+A1:2015, Anhang C, zu übernehmen.

ANMERKUNG Es basiert zudem auf den Ergebnissen des europäischen Projekts TRANSFEU — Transport Fire Safety Engineering in der Europäischen Union — FP7 (Vertragsnummer: 233786) [8], [9].

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die Messung des Toxizitätspotenzials der Verbrennungsprodukte basierend auf zwei Prüfverfahren:

- Verfahren 1: EN ISO 5659-2 flächenbasierte Rauchkammerprüfung mit Gasanalyse durch Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR);
- Verfahren 2: NF X70-100-2 auf kleinen Massen basierende Rohrofenprüfung.

ANMERKUNG 1 Dieses Dokument legt auch die Prüfeinrichtung und Berechnungsverfahren für die Beurteilung von Toxizitätsdaten fest.

ANMERKUNG 2 Dieses Dokument kann als Ergänzung zu anderen Dokumenten verwendet werden, um die toxischen Gase zu bestimmen, welche von in Tunneln montierten Geräten ausgehen.

2 Normative Verweisungen

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

EN 45545-1, *Bahnanwendungen — Brandschutz in Schienenfahrzeugen — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN ISO 5659-2:2017, *Kunststoffe — Rauchentwicklung — Teil 2: Bestimmung der optischen Dichte durch Einkammerprüfung (ISO 5659-2:2017)*

EN ISO 13943, *Brandschutz — Vokabular (ISO 13943)*

ISO 8421-1, *Fire protection — Vocabulary — Part 1: General terms and phenomena of fire*

ISO 12828-1, *Validation method for fire gas analysis — Part 1: Limits of detection and quantification*

ISO 12828-2, *Validation method for fire gas analysis — Part 2: Intralaboratory validation of quantification methods*

ISO 19701, *Methods for sampling and analysis of fire effluents*

ISO 19702:2015, *Guidance for sampling and analysis of toxic gases and vapours in fire effluents using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy*

NF X70-100-1, *Prüfungen des Brandverhaltens — Analyse der Abgase — Teil 1: Analyse der durch den thermischen Abbau erzeugten Gase*

NF X70-100-2, *Prüfungen des Brandverhaltens — Analyse der Abgase — Teil 2: Verfahren zum thermischen Abbau in einem Rohrofen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 13943, ISO 8421-1 und EN 45545-1.

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

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

3.1

CIT(n), en: conventional index of toxicity

konventioneller Toxizitätsindex (dimensionsloser Wert), wobei n die seit Prüfungsbeginn vergangene Zeit in Minuten ist

3.2

FEC, en: fractional effective concentration

anteilige effektive Konzentration

Anmerkung 1 zum Begriff: Für ausführliche Angaben siehe EN ISO 13943.

3.3

FED, en: fractional effective dose

anteilige effektive Dosis

Anmerkung 1 zum Begriff: Für ausführliche Angaben siehe EN ISO 13943.

4 Grundlagen

4.1 Produktbewertung nach Toxizität

4.1.1 Allgemeine Grundlagen

Probekörper für ein in Schienenfahrzeugen verwendetes Produkt werden erhitzt, um unter kontrollierten Bedingungen eine Verbrennung herbeizuführen. Die Gase werden analysiert, um das Toxizitätspotenzial der Verbrennungsprodukte zu bestimmen.

Das Produkt muss in Bezug zu der unter echten Nutzungsbedingungen exponierten Oberfläche geprüft werden. Falls beide Oberflächen exponiert sind und das Produkt nicht symmetrisch ist, muss jede Oberfläche geprüft werden.

Die Proben müssen für das zu prüfende Produkt repräsentativ sein. Sie müssen nach Möglichkeit aus derselben Beispielmaterielfläche geschnitten, gesägt, geformt oder gedruckt sein, und müssen dieselbe Dicke und Dichte wie bei der Endanwendung aufweisen.

Die Deckmaterialien müssen so vorbereitet werden, dass sie, soweit praktikabel, so weit wie möglich den Endanwendungsbedingungen entsprechen. Die Probekörper dürfen Klebstoffe, Lacke, Substrate und Auflagen enthalten. Die Einzelheiten zur Probekörper-Vorbereitung müssen im Bericht beschrieben werden.

Die gewählten Bedingungen sind repräsentativ für Brände, die auf die Komponente für Schienenfahrzeuge einwirken können, entweder während der Brandentwicklungsphase oder während eines voll entwickelten Brandes innerhalb oder außerhalb von Schienenfahrzeugen.

In diesem Dokument werden zwei Verfahren genau beschrieben, die für die Bestimmung der Zusammensetzung von durch die Verbrennung bestimmter Eisenbahnkomponenten erzeugten Gasen verwendet werden müssen.

- Verfahren 1: EN ISO 5659-2 flächenbasierte Rauchkammerprüfung mit Gasanalyse durch Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (*FTIR*);
- Verfahren 2: NF X70-100-2 auf kleinen Massen basierende Rohrofenprüfung.

Das Dokument, in dem die Anforderungen an das Brandverhalten der Komponente festgelegt sind, wie z. B. EN 45545-2, muss definieren, welches Prüfverfahren, welche Prüfspezifikationen und Prüfregeln zu verwenden, und welche Ergebnisse erforderlich sind.

CIT-Werte müssen in Übereinstimmung mit diesem Dokument berechnet werden (siehe Abschnitt 7).

Im Falle von Verfahren 1 sollten zudem die *FED*- und *FEC*-Werte berechnet werden (siehe Anhang A).

4.1.2 Verfahren 1: Rauchkammer

Bei diesem Verfahren wird der Probekörper Strahlungswärme mit oder ohne Verwendung einer Zündflamme ausgesetzt.

Die Prüfeinrichtung für Verfahren 1 wird in EN ISO 5659-2 beschrieben. Zusätzliche Informationen werden in diesem Dokument gegeben.

Dieses Verfahren liefert Daten zur Toxizität, die nach Abschnitt 7 zur Produktbewertung und für spätere Klassifizierungszwecke (die außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments fallen) verarbeitet werden.

ANMERKUNG Die Rauchgasdichtemessung kann gleichzeitig wie in EN ISO 5659-2 beschrieben durchgeführt werden.

4.1.3 Verfahren 2: Rohrofen

Bei diesem Verfahren werden kleine Probekörper (Masse von 1 g) in einem Rohrofen Hitze ausgesetzt. Die Prüfeinrichtung sowie die Vorgehensweisen für Verfahren 2 werden in NF X70-100-2 und ISO 19701 beschrieben. Zusätzliche Informationen werden in diesem Dokument gegeben.

Dieses Verfahren liefert Daten zur Toxizität, die nach Abschnitt 7 zur Produktbewertung und für spätere Klassifizierungszwecke (die außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments liegen) verarbeitet werden.

4.2 Analyse der flüchtigen Verbrennungsprodukte

Für den Geltungsbereich dieses Dokuments müssen die folgenden 8 Gaskomponenten analysiert werden:

- CO₂, Kohlenstoffdioxid;
- CO, Kohlenstoffmonoxid;
- HF, Fluorwasserstoff;
- HCl, Chlorwasserstoff;
- HBr, Bromwasserstoff;

- HCN, Cyanwasserstoff;
- SO₂, Schwefeldioxid;
- NO_x, Stickstoffoxide.

ANMERKUNG 1 NO_x umfasst sowohl NO₂ als auch NO, angegeben als NO₂.

Der konventionelle Toxizitätsindex *CIT* muss berechnet werden:

- *CIT_G*: Verfahren 1, nach 7.2;
- *CIT_{NLP}*: Verfahren 2, nach 7.3.

Die Werte für *FED* und *FEC* sollten für Verfahren 1 in Übereinstimmung mit Anhang A berechnet werden.

ANMERKUNG 2 *FED* und *FEC* werden berechnet, um in Erwartung eines Wechsels von *CIT* zu *FED* und *FEC* das Sammeln von Vergleichsdaten zu ermöglichen.

5 Verfahren 1 — Rauchkammer

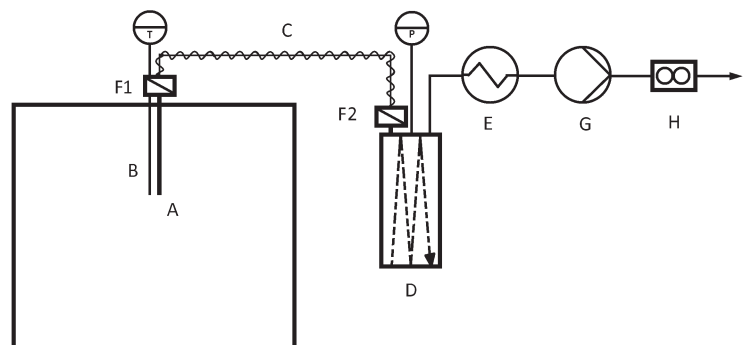
5.1 Prüfeinrichtung zur Gasprobenahme

Es muss die in EN ISO 5659-2 beschriebene Prüfeinrichtung verwendet werden.

Das Gasprobenahmesystem muss den in ISO 19702 festgelegten allgemeinen Anforderungen entsprechen und mit den in diesem Dokument beschriebenen spezifischen Anforderungen übereinstimmen.

Das Gasprobenahmesystem muss aus einer Probenahmesonde, einem Hauptfilter, einer Gasprobenahmeleitung, einem Sekundärfilter, einer Gaszelle, einem Druckmessumformer, einem optionalen Kühler, einer Pumpe und einem Durchflussmessgerät bestehen. Der Hauptfilter muss sich direkt hinter der Sonde befinden. Der Gasanalysator muss sich am Ende der Probenahmeleitung, und der Pumpe vorgeschaltet befinden. Ein Beispiel eines geeigneten Probenahmesystems ist in Bild 1 dargestellt. Andere Anordnungen sind möglich, wenn sie den Hauptpunkten dieses Dokuments entsprechen: Durchflussratenbedingungen, beheizter Hauptfilter direkt hinter der Rauchkammer und Probenahmesonde sowie eine beheizte Zone vom Ausgang der Rauchkammer zum Ausgang der FTIR-Gaszelle, kein Gasrückführungssystem.

Die Rauchkammer muss mit einem Druckmessumformer ausgestattet sein, der das Aufzeichnen des Innendrucks P_{chamber} in Abhängigkeit von der Zeit ermöglicht.



Legende

A	EN ISO 5659-2 Rauchkammer und Probenahmesonde	F2	beheizter Sekundärfilter, siehe 5.1.4
B	Endpunkt des Thermoelements, siehe 5.1.1	G	Pumpe
C	beheizte Probenahmeleitung, siehe 5.1.3	H	Durchflussmessgerät
D	beheizte FTIR-Gaszelle, siehe 5.1.5	I	zum Ablass, bei Atmosphärendruck
E	Gaskühler	P	Druckmessumformer
F1	3-Wege-Ventil und beheizter Hauptfilter, siehe 5.1.2	T	Thermoelement-Messumformer

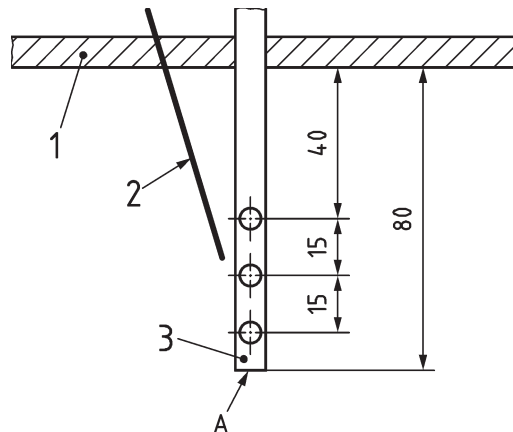
Bild 1 — Schematische Darstellung einer beispielhaften Anordnung eines Probenahmesystems

5.1.1 Probenahmesonde

Die innere Probenahmesonde muss aus einem Edelstahlrohr mit einem Innendurchmesser von $5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ und einem geschlossenen Ende bestehen, wie in Bild 2 dargestellt. Sie muss am Mittelpunkt des Kammerdachs befestigt werden und vom Kammerdach aus 80 mm in die Kammer hineinragen.

Die Probenahmesonde muss drei Probenahmeöffnungen mit einem Durchmesser von $2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ haben, die, wie in Bild 2 zu sehen, zur Rückseite der Kammer weisen, und, von der Innendecke der Kammer aus gemessen, bei $40 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, $55 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ und $70 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ liegen.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Kammerdecke
- 2 Thermoelement
- 3 Probennahmesonde mit drei Öffnungen (Durchmesser 2 mm)
- A geschlossenes Ende

Bild 2 — Innere Probennahmesonde

In der Nähe der mittleren Öffnung der Probennahmesonde muss in einem Abstand von (8 ± 2) mm zur Öffnung ein abgeschirmtes Thermoelement (Typ K, maximaler Durchmesser 2 mm) angebracht werden, um die Temperatur des entnommenen Gases zu messen.

Das Thermoelement muss seitlich von der inneren Probennahmesonde und an der Seite positioniert werden, die am weitesten vom Heizstrahler und/oder dem brennenden Probekörper entfernt liegt.

Für die Berechnung der Massenkonzentration der Gaskomponenten muss die Temperatur während der Probenahme aufgezeichnet werden.

5.1.2 Hauptfilter

Die FTIR-Zelle muss durch eine Filtereinheit vor Verunreinigung durch Ruß und andere feste Teilchen geschützt sein, die häufig in Brandgasen enthalten sind. Die Filtereinheit muss so aufgebaut sein, dass das Filterelement ausgetauscht werden kann. ISO 19702 beschreibt die Eigenschaften von geeigneten Filtereinheiten.

Die Hauptfiltereinheit muss zwischen der Kammer und der Probenahmeleitung direkt nach dem 3-Wege-Ventil platziert werden, das sich hinter der Probennahmesonde befindet (siehe F1 in Bild 1). Die Temperatur des Filtersystems muss auf (180 ± 10) °C eingestellt werden.

ANMERKUNG Ein Filtersystem bestehend aus einer zylindrischen PTFE-Kartusche mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Länge von 75 mm mit einer Porosität von 2 µm im Inneren eines beheizten Gehäuses hat sich für die Zwecke dieser Analyse als geeignet erwiesen.

Die Verwendung von PTFE wird empfohlen, da es nicht mit Brandgasen reagiert. Glasfasern sind häufig ungeeignet, da sie bekanntermaßen mit HF reagieren; Keramikwolle ist häufig ungeeignet, da sie bekanntermaßen Halogenwasserstoffe selbst bei hohen Temperaturen absorbiert.

5.1.3 Probenahmeleitung vor der Gaszelle

Die Probenahmeleitung zwischen Hauptfilter und FTIR-Gaszelle muss aus einem beheizten, flexiblen PTFE-Rohr bestehen. Die Probenahmeleitung muss einen Innendurchmesser von $(4,0 \pm 0,2)$ mm und eine maximale Länge von 3 m haben. Die Temperatur der Probenahmeleitung muss (180 ± 10) °C betragen. Die Probenahmeleitung muss so beschaffen sein, dass das PTFE-Rohr bei Bedarf ausgetauscht werden kann.

5.1.4 Sekundärfilter

Um die Schutzwirkung für die Innenspiegel zu erhöhen, muss ein Sekundärfilter direkt vor der FTIR-Gaszelle platziert werden. Dieser Sekundärfilter muss auf dieselbe Temperatur wie die Probenahmeleitung und Gaszelle beheizt werden.

ANMERKUNG Ein kleiner, kreisförmiger Planarfilter (47 mm Durchmesser) mit einer PTFE-Membran mit einer Porosität von 1 µm hat sich als geeigneter Sekundärfilter erwiesen.

5.1.5 FTIR-Gaszelle

Die verwendete Gaszelle muss ein Volumen von nicht mehr als 0,5 l aufweisen. Die Temperatur der Gaszelle muss (180 ± 10) °C betragen. Der Druck muss überwacht und korrigiert werden, um die Druckbedingungen während der Prüfung identisch zum Kalibrierdruck mit einer maximalen Abweichung von $\pm 1,33$ kPa aufrechtzuerhalten, wie in ISO 19702 festgelegt.

Das Gas in der Zelle wird mindestens 3-mal je Minute erneuert. Die Ansprechzeit der Analyse, bestimmt nach ISO 19702, muss kurz genug sein, um mindestens 3 Spektren je Minute erfassen zu können, damit das Intervall zwischen den Spektren kleiner oder gleich 20 s beträgt. Andere Systeme sind zulässig, wenn sie mit diesen Leistungsanforderungen übereinstimmen.

ANMERKUNG Gaszellen mit einem Volumen von 0,2 l bis 0,4 l und einer optischen Weglänge von 2 m bis 5 m haben sich für den Zweck dieses Dokuments als geeignet erwiesen.

5.1.6 Konditionierung des Probenahmedurchflusses und der Pumpenkapazität

Die Durchflussrate muss mit Hilfe eines Durchflussmessgeräts, das an einen Ausgang bei Umgebungsdruck angeschlossen ist, bei $(1,5 \pm 0,1)$ l/min gehalten werden. Die Durchflussrate muss mit Hilfe eines manuellen Regelventils oder eines automatischen Durchflusssteuerungssystems konstant gehalten werden. Die Temperatur des in das Durchflussmessgerät einströmenden Gases muss niedriger sein als 30 °C.

ANMERKUNG Ein Gaskühler, gefolgt von einer Pumpe mit einer Kapazität von mindestens dem Vierfachen des Innenvolumens der Gaszelle plus Gasprobenahmeleitung je Minute, hat sich als geeignet erwiesen.

5.1.7 Probenahmedurchflussrate

Die Probenahmedurchflussrate muss während der Prüfung auf $(1,5 \pm 0,1)$ l/min gehalten werden.

ANMERKUNG Eine Probenahmedurchflussrate von $(1,5 \pm 0,1)$ l/min hat sich aus folgenden Gründen als geeignet erwiesen [8]:

- 1) Es wurde kein Einfluss auf die Rauchgasdichtemessung nach EN ISO 5659-2 festgestellt.
- 2) Das während 20 min aus der Kammer abgenommene Volumen wird limitiert, um jegliche Effekte durch Unterdruck in der Rauchkammer zu verhindern.

5.1.8 FTIR-Spektrometer

Die folgenden FTIR-Spektrometer-Parameter sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich:

- eine IR-Quelle, stabilisiert bei hoher Intensität und Temperatur;
- eine Auflösung von besser oder gleich 4 cm^{-1} über einen Bereich zwischen 600 cm^{-1} und $4\,400\text{ cm}^{-1}$;
- eine Auflösung von $0,5\text{ cm}^{-1}$ wird zur Korrektur von Interferenzen empfohlen;
- ein Messintervall (Intervall zwischen Spektren) $\leq 20\text{ s}$.

Die Mindestnachweisgrenze von relevanten Gaskomponenten (en: minimum detection limit, MDL) hängt von der Art des Gases ab, und wird entsprechend ISO 12828-1 bestimmt.

ANMERKUNG Eine $\text{MDL} \leq 15 \times 10^{-6}\text{ l/l}$ ($\leq 15\text{ }\mu\text{l/l}$) ist für den Großteil der Gaskomponenten empfohlen, mit Ausnahme von Kohlenstoffdioxid, bei dem die MDL für gewöhnlich $< 300 \times 10^{-6}\text{ l/l}$ ($< 300\text{ }\mu\text{l/l}$) beträgt.

5.2 Kalibrierung

5.2.1 Allgemeine Kalibrierungen

Die folgenden Elemente müssen in den folgenden Intervallen kalibriert werden:

- Kammerdichtheit nach 5.2.2: täglich;
- Strahlungsstärke des Heizstrahlers nach EN ISO 5659-2: täglich;
- Rauchgasdichtemesssystem nach EN ISO 5659-2: alle sechs Monate;
- FTIR-Spektrometer mit Gasmesszelle: Funktionsfähigkeit wird vor jedem Nutzungstag überprüft, siehe 5.6.1.

5.2.2 Kammerdichtheitsprüfung

Die Dichtheitsprüfung der Rauchkammer ist nach EN ISO 5659-2:2017, 7.6 und 9.6, durchzuführen. Die Dichtheitsprüfung ist für dieses Prüfverfahren von wesentlicher Bedeutung, und im folgenden Abschnitt wird das zusätzlich zu EN ISO 5659-2 anzuwendende Verfahren beschrieben.

Es muss ein beheiztes Drei-Wege-Ventil verwendet werden, das unmittelbar außerhalb der Rauchkammer und vor dem Hauptfilter angeschlossen ist, um die Dichtheitsprüfung durchzuführen.

5.2.3 Kalibrierung des Gasanalysators

Die Grundlage für die Kalibrierung des FTIR-Spektrometers mit Gasmesszelle ist die Erfassung einer Reihe an Absorptionsspektren für jede zu analysierende Gaskomponente. Für die Anwendung dieses Dokuments muss FTIR für alle Gase kalibriert werden, welche die Prüfanforderungen erfüllen müssen. Das Labor muss ISO 12828-2 anwenden, um das Verfahren zu validieren.

ANMERKUNG 1 Die Liste der zu analysierenden Gase, die in 4.2 definiert werden, kann durch eine Produktspezifikation oder durch ein anderes Dokument erweitert werden, das auf dieses Dokument verweist.

AC ANMERKUNG 2 Es wurde nachgewiesen, dass durch den Einsatz von Druckminderventilen bei der Kalibrierung des Spektrometers die nachweisbare Konzentration von HF, HCl und HBr gesenkt wird, was wahrscheinlich auf eine Reaktion mit der Legierung in den Ventilen zurückzuführen ist. Es wird daher empfohlen in Betracht zu ziehen, diese

Gase direkt hinter dem Hauptventil der Gasflasche abzunehmen, einschließlich eines 3-Wege-Stücks für überschüssige Gasmengen. 

Um Interferenzen korrekt zu berücksichtigen, ist es möglich, zusätzliche Komponenten, wie in ISO 19702 angegeben, zu kalibrieren.

Die Kalibrierung des FTIR-Spektrometers muss mit den gleichen Messparameter-Einstellungen durchgeführt werden, die auch für die Messung während einer Prüfung verwendet werden. Es ist wesentlich, dass die Kalibrierungen mit einer Zelltemperatur und einem Zellendruck vorgenommen werden, die so nahe wie möglich an den für diese Prüfung angegebenen Werten liegen. Detaillierte Anforderungen finden sich in ISO 19702 und in 5.6.4.

Die Verwendung von zertifizierten Gasflaschen-Standards wird empfohlen. Ein Kalibrierverfahren, das sich als geeignet erwiesen hat, ist in Anhang C beschrieben. Alternative, in ISO 19702 vorgeschlagene Verfahren sind zulässig, insoweit diese rückverfolgbar und validiert sind. Die Kalibrierung eines FTIR-Spektrometers ist für gewöhnlich sehr stabil und bleibt bestehen, solange die Eigenschaften der Gaszelle beibehalten und die Ausrüstungsparameter ordnungsgemäß geprüft werden.

Um die Zuverlässigkeit der täglichen Prüfergebnisse sicherzustellen, ist der Zustand des FTIR-Gerätes durch eine tägliche Prüfung der Wellenlängen-Wiederholbarkeit und der Geräteempfindlichkeit (Detektorsignalpegel) zu überprüfen. Die Verwendung eines Kontrollstandards ist entsprechend ISO 19702 für die tägliche Überprüfung des Gerätezustandes zu empfehlen. Es muss ein zertifiziertes, kommerzielles Gasmisch aus beispielsweise Kohlenstoffmonoxid oder einer anderen stabilen Gaskomponente verwendet werden, wie in ISO 19702:2015, 8.2.2, gefordert.

5.3 Prüfunggebung

Die Prüfeinrichtung muss bei einer Temperatur zwischen 15 °C und 35 °C und einer relativen Luftfeuchte zwischen 20 % und 80 % aufgestellt werden. Die Prüfkammer muss zudem unter einer Haube aufgestellt werden, die den Rauch nach Abschluss eines Versuchs von der Prüfkammer absaugen kann. Die Luftauslassöffnung der Prüfkammer sollte an einen Abluftventilator angeschlossen werden.

5.4 Konditionierung von Probekörpern

Probekörper müssen konditioniert werden, bis ein konstantes Gewicht (entweder $\Delta m < 0,1 \%$ oder $\Delta m < 0,1 \text{ g}$ in 24 h) in einer Standardatmosphäre von $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 5) \%$ relativer Luftfeuchte erreicht ist.

5.5 Vorbereitung der Probekörper

Probekörper müssen nach EN ISO 5659-2 vorbereitet werden, wobei zusätzliche Anforderungen für Proben von 12,5 mm oder weniger gelten, wie sie in diesem Dokument festgelegt sind.

Probekörper, die eingewickelt eine Dicke von 12,5 mm oder weniger haben, müssen mit einem Stück nicht brennbarer Dämmplatte mit einer Dichte im ofentrockenen Zustand von $(850 \pm 100) \text{ kg/m}^3$ und einer Nenndicke von 12,5 mm hinterlegt werden.

Probekörper mit einer Dicke von mehr als 12,5 mm, aber weniger als 25 mm, sind mit einer Lage nicht brennbarer Keramikfasermatte mit niedriger Dichte (nominal $65 \text{ kg/m}^3 \pm 10 \text{ kg/m}^3$) zu hinterlegen.

Wenn die Gesamtdicke nach wie vor weniger als 25 mm beträgt, ist eine Lage nicht brennbarer Keramikfasermatte mit niedriger Dichte (nominal $65 \text{ kg/m}^3 \pm 10 \text{ kg/m}^3$) unterhalb der nicht brennbaren Platte hinzuzufügen.