

DIN EN 13823



ICS 13.220.50; 91.060.01; 91.100.01

Einsprüche bis 2019-03-11
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13823:2015-02

Entwurf

**Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten –
Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden
Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13823:2018**

Reaction to fire tests for building products –
Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item;
German and English version prEN 13823:2018

Essais de réaction au feu des produits de construction –
Produits de construction à l'exclusion des revêtements de sol exposés à une sollicitation
thermique provoquée par un objet isolé en feu;
Version allemande et anglaise prEN 13823:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-01-11 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 227 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13823:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 127 „Baulicher Brandschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-52-01 AA „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Baustoffe (SpA zu CEN/TC 127/WG 4 sowie Teilbereichen von CEN/TC 127/WG 7 und ISO/TC 92/SC 1)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13823:2015-02 wurden folgende wesentliche Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 2 Normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Abschnitt 4.4 überarbeitet;
- c) Abschnitt A.6.1.2 überarbeitet;
- d) Anhang B überarbeitet;
- e) redaktionelle Überarbeitung des gesamten Dokuments.

Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten — Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen

Essais de réaction au feu des produits de construction — Produits de construction à l'exclusion des revêtements de sol exposés à une sollicitation thermique provoquée par un objet isolé en feu

Reaction to fire tests for building products — Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Prüfeinrichtung	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Prüfraum	8
4.3 Materialien	10
4.4 Prüfgerät	10
4.5 Rauchabzugssystem	12
4.6 Ausrüstung des allgemeinen Messabschnitts	12
4.7 Weitere allgemeine Messgeräte	13
5 Proben	14
5.1 Abmessungen der Proben	14
5.2 Einbau der Proben	15
5.2.1 Einbau wie in der praktischen Anwendung	15
5.2.2 Normgemäßer Einbau	15
5.3 Einbau der Proben auf dem Probenträgerwagen	17
5.4 Anzahl der Probekörper	18
6 Konditionierung	19
7 Kurzbeschreibung	19
8 Prüfverfahren	19
8.1 Allgemeines	19
8.2 Prüfablauf	20
8.3 Beobachtungen und manuelle Aufzeichnung von Daten	21
8.3.1 Allgemeines	21
8.3.2 Bedingungen vor der Prüfung	21
8.3.3 Seitliche Flammenausbreitung am breiten Probenflügel	21
8.3.4 Brennendes Abtropfen/Abfallen	21
8.3.5 Bedingungen zum Ende der Prüfung	22
8.3.6 Aufzuzeichnende Ereignisse	23
8.4 Automatische Datenerfassung	23
8.5 Frühzeitige Beendigung der Prüfung	24
9 Darstellung der Ergebnisse	24
10 Prüfbericht	25
Anhang A (normativ) Berechnungsverfahren	26
A.1 Allgemeines	26
A.1.1 Allgemeine Anmerkungen	26
A.1.2 Berechnungen, die mit den Messdaten durchgeführt werden	27
A.1.3 Berechnungen, die an den Kalibrierungsmesswerten durchgeführt werden	27
A.1.4 Norm-Messdatensatz	27

A.2	Anpassen von Messwerten.....	27
A.2.1	Anpassen von O ₂ und CO ₂ an T_{ms}	27
A.3	Überprüfung der Geräte-Ansprechzeit.....	29
A.3.1	Temperaturmessungen.....	29
A.3.2	Drift in der Gaskonzentrationsmessung.....	29
A.3.3	Drift in der Messung der Lichtschwächung	30
A.4	Beflammungsdauer	30
A.5	Wärmefreisetzung	30
A.5.1	Berechnung der Wärmefreisetzungsrate (HRR)	30
A.5.2	Berechnung von $THR(t)$ und THR_{600s}	33
A.5.3	Berechnung von $FIGRA_{0,2MJ}$ und $FIGRA_{0,4MJ}$ (Fire Growth Rate Werte)	34
A.6	Rauchentwicklung.....	35
A.6.1	Berechnung der Rauchentwicklungsrate SPR	35
A.6.2	Berechnung von $TSP(t)$ und TSP_{600s}	37
A.6.3	Berechnung von $SMOGRA$ (SMOke Growth Rate index)	38
A.7	Berechnungen für die Kalibrierungen — Wärmefreisetzung durch Propangas.....	38
Anhang B (informativ)	Präzision des Prüfverfahrens.....	40
B.1	Allgemeine Bemerkungen und Ergebnisse.....	40
B.2	Berechnung der Versuchsergebnisse	42
B.3	Statistische Analyse	42
B.4	Statistische Ergebnisse.....	43
Anhang C (normativ)	Kalibrierverfahren.....	48
C.1	Verfahren für einzelne Geräte	48
C.1.1	Allgemeines	48
C.1.2	Einstellung des Sauerstoff-Analysegeräts.....	48
C.1.3	Streuung und Drift des Ausgangssignals des Sauerstoff-Analysegeräts	48
C.1.4	Justierung des Kohlenstoffdioxid-Analysegeräts	49
C.1.5	Kalibrierung der Lichtmessstrecke	49
C.2	Kalibrierung der System-Ansprechzeiten.....	50
C.2.1	Ansprechzeit der Brennerumschaltung.....	50
C.2.2	Kalibrierung durch schrittweise Änderung der Brennerleistung.....	52
C.2.3	Heptan-Kalibrierung	56
C.2.4	Geschwindigkeitsprofil-Faktor $k_{t,V}$	58
C.2.5	Strömungsfaktor k_t	60
Anhang D (informativ)	Kalibrierverfahren.....	61
D.1	Verfahren für getrennte Teile der Apparatur	61
D.1.1	Allgemeines	61
D.1.2	Einstellung des Sauerstoff-Analysegeräts.....	61
D.1.3	Einstellung des Kohlendioxid-Analysegeräts	61
D.1.4	Überprüfung des Propangas-Massenstrom-Reglers	62
D.1.5	Überprüfung mit optischen Filtern.....	62
D.2	Überprüfung der thermischen Beanspruchung auf den Proben	63
D.2.1	Allgemeines	63
D.2.2	Verfahren	63
Anhang E (normativ)	Konstruktionszeichnungen	64
Anhang F (informativ)	Format der Messdaten-Datei.....	99
Anhang G (informativ)	Versuchsprotokoll	103
Literaturhinweise.....		104

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13823:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 127 „Baulicher Brandschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist als Ersatz für EN 13823:2010+A1:2014 vorgesehen.

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-Richtlinien.

Einleitung

Die Klassifizierung des Brandverhaltens von Bauprodukten, die in der Entscheidung der Europäischen Kommission 2000/147/EG (Amtsblatt der EU, L50 vom 23. Februar 2000) festgelegt wurde, definiert in Tabelle 1 die einzelnen Klassen des Brandverhaltens von Bauprodukten mit Ausnahme von Bodenbelägen. Die entsprechenden Prüfverfahren zur Bestimmung des Brandverhaltens werden durch CEN/TC 127 erarbeitet.

WARNHINWEIS — Alle Personen, die mit der Planung und Durchführung der in dieser Norm beschriebenen Brandprüfung befasst sind, werden darauf aufmerksam gemacht, dass Brandprüfungen gefährlich sein können und dass die Entwicklung von toxischem und/oder schädlichem Rauch bzw. von toxischen und/oder schädlichen Gasen während der Prüfung möglich ist.

Eine Abschätzung aller möglichen Gefahren und Gesundheitsrisiken sollte durchgeführt werden und Sicherheitsvorkehrungen sollten identifiziert und getroffen werden. Rauch und Gase sollten vom Arbeitsplatz entfernt werden. Schriftliche Sicherheitsanweisungen sollten erstellt werden. Das entsprechende Personal sollte geschult werden. Das Laborpersonal sollte darauf achten, dass es die schriftlichen Sicherheitsanweisungen jederzeit befolgt.

Besondere Vorsichtsmaßnahmen werden für das Propangas-Zufuhrsystem gefordert:

- Die Ausstattung, z. B. Rohre, Verbindungen, Strömungsmessgeräte, sollte für Propangas geeignet sein.
- Der Brenner sollte mit einer ferngesteuerten Zündeinrichtung, zum Beispiel einer Zündflamme oder einem Glühdraht, ausgerüstet sein. Ein Warnsystem für austretendes Gas und ein Ventil für die sofortige und automatische Unterbrechung der Gaszufuhr für den Fall des Verlöschens der Zündflamme sollte vorhanden sein. Die Zündflamme kann auch direkt durch einen Prüftechniker im Prüfraum gezündet werden; bei der Zündung eines Brenners sollten sich jedoch keine Personen im Prüfraum befinden.
- Es sollte möglich sein, die Umschaltung zwischen Neben- und Hauptbrenner und dem vorgeschalteten Hauptventil (zum Öffnen oder Schließen der Propangaszufuhr) von außerhalb des Prüfraums aus zu betätigen.

Besondere Vorsichtsmaßnahmen sind für das Löschen der brennenden Proben erforderlich.

Wenn das Löschen aufgrund zu starken Abbrands der Proben erfolgt, wird empfohlen, dass ein zweiter Prüftechniker zum Eingreifen bereit steht. Geeignete Mittel zum Löschen sollten zur Verfügung stehen (z. B. wenn bei starkem Abbrand durch zu große Wärmefreisetzung die Prüfeinrichtung beschädigt werden kann).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren zur Bestimmung des Brandverhaltens von Bauprodukten bei thermischer Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand (SBI: „Single Burning Item“), ausgenommen Bodenbeläge sowie Bauprodukte, die in Tabelle 1 der Entscheidung der Europäischen Kommission 2000/147/EG aufgeführt sind, fest. Die Berechnungsverfahren sind in Anhang A angegeben. Informationen zur Genauigkeit des Prüfverfahrens sind in Anhang B angegeben. Die Kalibrierverfahren sind in Anhang C und Anhang D angegeben, wobei Anhang C normativ ist.

ANMERKUNG Dieses Dokument wurde erstellt, um das Brandverhalten von im Wesentlichen ebenen Bauprodukten zu bestimmen. Die Behandlung von einigen Produktfamilien, wie Rohre, Lüftungsleitungen, Kabel usw. kann besondere Regeln erfordern.

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 13238, *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten — Konditionierungsverfahren und allgemeine Regeln für die Auswahl von Trägerplatten*

EN 13501-1:2007+A1:2009, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten — Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten*

EN 60584-1:2013, *Thermoelemente — Teil 1: Thermospannungen und Grenzabweichungen (IEC 60584-1:2013)*

EN ISO 13943:2017, *Brandschutz — Vokabular (ISO 13943:2017)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 13943:2017 und EN 13501-1:2007+A1:2009 sowie die folgenden Begriffe.

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

— IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1 rückseitige Abschlussplatte

Calciumsilikat-Platte, die verwendet wird, um die Probe nach hinten abzuschließen; sie kann direkt gegen eine freistehende Probe oder im Abstand dazu aufgestellt sein

3.2 Probe

Teil eines Bauproduktes, das zu prüfen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese kann die Befestigungstechnik, wie sie in der praktischen Anwendung eingesetzt wird, und auch einen Luftspalt und/oder eine Trägerplatte mit einschließen.

3.3

Trägerplatte

Bauprodukt, das unmittelbar hinter dem Bauprodukt verwendet wird, über das die Informationen benötigt werden

3.4

***THR*_{600s}**

(en: total heat release)

gesamte freigesetzte Energie in den ersten 600 s der Beanspruchung durch die Flammen des Hauptbrenners

3.5

LSF

(en: lateral flame spread)

seitliche Flammenausbreitung am breiten Probenflügel

Anmerkung 1 zum Begriff: Der *LSF*-Wert ist in 8.3.3 ausführlicher beschrieben.

3.6

***TSP*_{600s}**

(en: total smoke production)

gesamte Rauchentwicklung der Probe in den ersten 600 s der Beanspruchung durch die Flammen des Hauptbrenners

3.7

***FIGRA*_{0,2 MJ}**

(en: fire growth rate)

Maximum des Quotienten aus der Wärmefreisetzungsrate der Probe und dem zugehörigen Zeitpunkt, wobei ein *THR*-Schwellenwert von 0,2 MJ benutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der *FIGRA*_{0,2 MJ} ist in A.5.3 genauer beschrieben.

3.8

***FIGRA*_{0,4 MJ}**

(en: fire growth rate)

Maximum des Quotienten aus der Wärmefreisetzungsrate der Probe und dem zugehörigen Zeitpunkt, wobei ein *THR*-Schwellenwert von 0,4 MJ benutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der *FIGRA*_{0,4 MJ} ist in A.5.3 genauer beschrieben.

3.9

SMOGRA

en: smoke growth rate

Maximum des Quotienten aus der Rauchentwicklungsrate der Probe und dem zugehörigen Zeitpunkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der *SMOGRA* ist in A.6.3 genauer beschrieben.

3.10

andauerndes Brennen mit Flamme

Auftreten einer Flamme auf oder über der Oberfläche über einen Mindestzeitraum

[EN ISO 13943:2017]

4 Prüfeinrichtung

4.1 Allgemeines

Die SBI-Prüfeinrichtung muss aus einem Prüfraum, dem Prüfgerät (Probenträgerwagen, Gestell, Brenner, Abzugshaube, Kollektor und Abzugsrohr), dem Rauchabzugssystem und der allgemeinen Messgeräteausrüstung bestehen. Die entsprechenden Festlegungen für diese Komponenten sind in 4.2 bis 4.7 enthalten. In Anhang E sind Konstruktionszeichnungen aufgeführt. Die in den Zeichnungen angegebenen Maße sind, sofern keine Abweichungen angegeben sind, nominelle Maße.

Die Luft zum Prüfraum, die unterhalb des Probenträgerwagens eintritt, sollte unverbrauchte und saubere Luft sein.

4.2 Prüfraum

4.2.1 Der Prüfraum muss innen eine Höhe von $(2,4 \pm 0,05)$ m und eine Grundfläche von $(3,0 \pm 0,05)$ m in beide Richtungen haben. Die Wände müssen gemauert sein (z. B. mit Porenbeton-Steinen) oder aus Gipsplatten, Calciumsilikatplatten oder anderen nach Klasse A1 oder A2 klassifizierten Platten bestehen.

4.2.2 Eine Wand des Prüfraums muss eine Öffnung zum Einfahren des Probenträgerwagens aus dem umgebenden Labor in den Prüfraum haben. Die Öffnung muss eine Breite von mindestens 1 470 mm und eine Höhe von 2 450 mm haben (Abmessungen des Gestells). In den zwei Wänden, die den rechtwinklig zueinander stehenden Probenflügeln gegenüber angeordnet sind, müssen Fenster eingebaut sein. Um das SBI-Prüfgerät und die Proben handhaben zu können, wenn der Probenträgerwagen in seiner vorgeschriebenen Position steht, wird eine zusätzliche Tür benötigt.

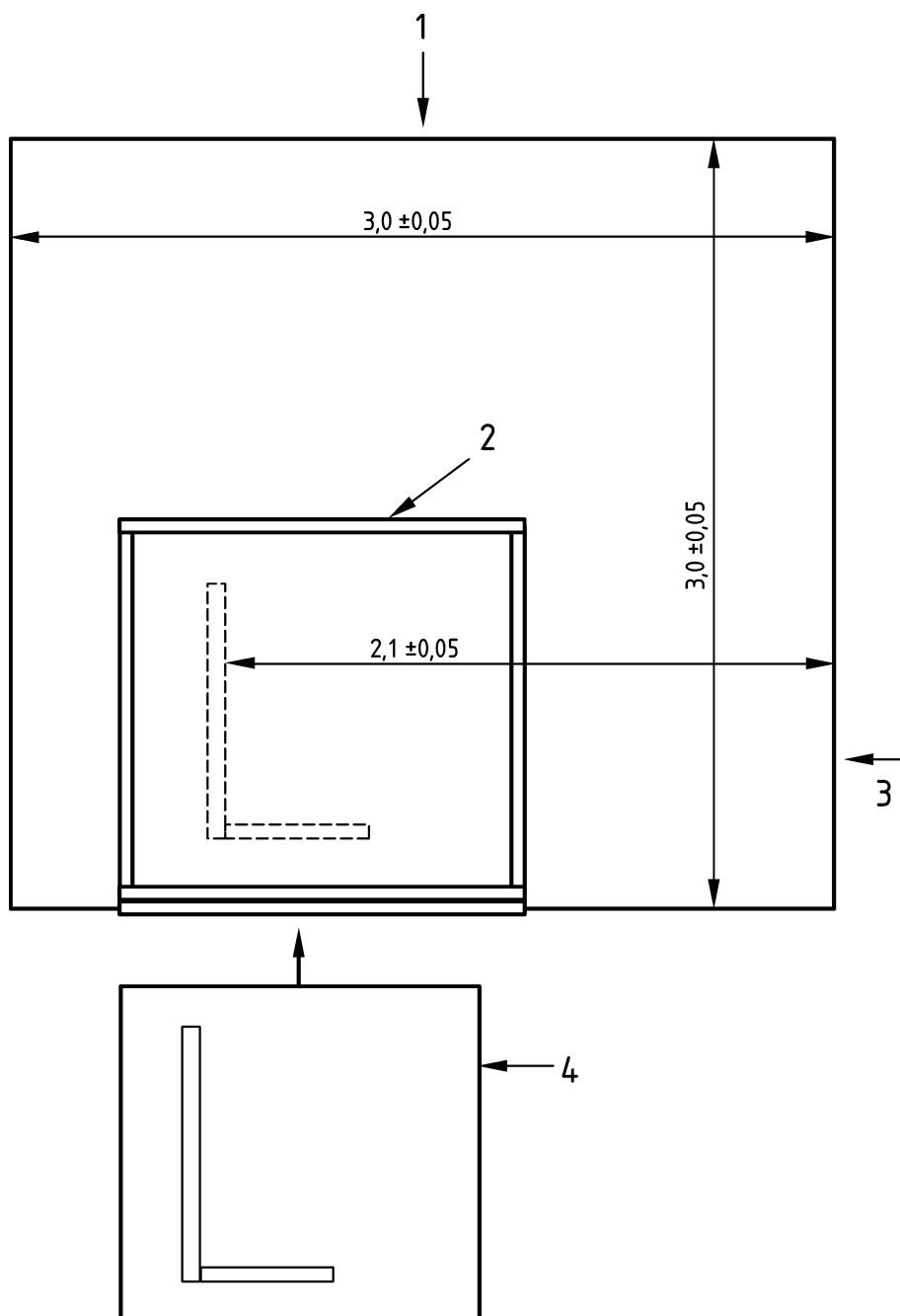
4.2.3 Steht der Probenträgerwagen an seiner vorgeschriebenen Position im Prüfraum, muss die Entfernung zwischen der Oberfläche des an das U-Profil angedrückten breiten Probenflügels und der Wand des Prüfraums $(2,1 \pm 0,05)$ m betragen. Diese Entfernung ist rechtwinklig zu der dem breiten Probenflügel gegenüberliegenden Wand zu messen. Die Größe der Öffnungen des Prüfraums, mit Ausnahme der Lufteinlassöffnung an der Unterseite des Probenträgerwagens und der Rauchabzugsöffnung in der Rauchabzugshaube, darf insgesamt $0,05 \text{ m}^2$ nicht überschreiten.

4.2.4 Sowohl links orientierte Anordnungen, wie in Bild 1 dargestellt, als auch rechts orientierte Anordnungen (der Probenträgerwagen wie in Bild 1 dargestellt, aber gespiegelt an einer vertikalen Linie) sind erlaubt.

Um ein Auswechseln von Seitenplatten der Abzugshaube ohne Demontage des Kollektors zu ermöglichen, sollte die Verbindung zwischen dem Gestell des Prüfgeräts und der Decke des Prüfraums entsprechend ausgebildet sein. Es sollte möglich sein, die Seitenplatte nach außen zum Boden hin herauszuziehen.

ANMERKUNG Die relative Position des Gestells im Prüfraum hängt von den Einzelheiten der Verbindung zwischen Prüfraum und Gestell ab.

Maße in Meter



Legende

- 1 Sichtfenster
- 2 feststehendes Gestell
- 3 Sichtfenster (bei links orientierter Probe)
- 4 Probenträgerwagen (mit links orientierter Probe)

ANMERKUNG Sowohl links orientierte Proben als auch rechts orientierte Proben sind erlaubt. Bei rechts orientierter Probe wird das Bild um eine vertikale Achse gespiegelt.

Bild 1 — Draufsicht auf den SBI-Prüfraum (schematische Darstellung)

4.3 Materialien

4.3.1 Handelsübliches Propangas mit einem Reinheitsgrad von mindestens 95 %.

4.4 Prüfgerät

ANMERKUNG Siehe Bilder E.1 bis E.35.

4.4.1 Probenträgerwagen, auf dem zwei rechtwinklig zueinander stehende Proben aufgestellt werden, mit einem Sandbett-Brenner unten in der aus den Probenflügeln gebildeten Ecke.

Der Probenträgerwagen wird so in seine Position gefahren, dass seine Rückwand in die Öffnung der Wand des SBI-Prüfraums verschließt; der Lufteinlass unter dem Boden des Probenträgerwagens ist mit Lochblechen versehen (Öffnungsverhältnis 40 % bis 60 %; Lochdurchmesser zwischen 8 mm und 12 mm), um eine gleichmäßig verteilte Strömung entlang des Bodens des Prüfraums zu erhalten.

Mit Hilfe einer in die Rille gesetzten Wasserwaage ist die Lage des L-Profils (hinter dem Brenner) und des C-Profils (vor dem Probekörper) regelmäßig zu überprüfen, um sicherzustellen, dass beide Profile horizontal ausgerichtet sind. Dadurch wird sichergestellt, dass schmelzendes und vom Probekörper abfließendes Material während der Prüfung in der Rille bleibt.

Zusätzlich ist die Lage der Plattform vor dem Brenner zu überprüfen, um sicherzustellen, dass diese ebenfalls horizontal steht.

4.4.2 Feststehendes Gestell, in das der Probenträgerwagen geschoben wird und das die Abzugshaube trägt; ein zweiter Brenner (der „Nebenbrenner“) ist an dem Gestell befestigt.

4.4.3 Abzugshaube über dem Gestell, die die Verbrennungsgase sammelt.

4.4.4 Kollektor auf der Abzugshaube mit Leitblechen und einem horizontalen Auslass zum Rauchgas-Abzugsrohr.

4.4.5 Rauchgas-Abzugsrohr, ein Rohr mit Kreisquerschnitt mit einem inneren Durchmesser von (315 ± 5) mm, wärmegeklämt mit hochtemperaturbeständiger Mineralwolle von 50 mm Dicke, mit den folgenden Teilen (in Strömungsrichtung gesehen):

- Verbindung zum Kollektor mit optionalem J-förmigem Rohrbogen;
- Rohrstück mit einer Länge von 1 625 mm, mit einem Einsatz zur Glättung des Strömungsprofils und einer Blende zur Verengung des Rohrquerschnitts; Länge des Einsatzes 630 mm in einem Abstand von mindestens 50 mm zum Kollektor; direkt hinter dem Einsatz befindet sich eine Ringblende mit einer Dicke von $(2,0 \pm 0,5)$ mm, einem inneren Öffnungsdurchmesser von 265 mm und einem äußeren Durchmesser von 314 mm;
- Rohrstück mit einer Länge von 2 155 mm mit Befestigungsmöglichkeiten für eine Druck-Messsonde, vier Thermoelemente, eine Gasentnahmesonde und eine Lichtmessstrecke; dieser Abschnitt wird als „allgemeiner Messabschnitt“ bezeichnet;
- Rohr mit einer Länge von 500 mm;
- Verbindung zum Abzug.

Bei der Befestigung des Messrohrs ist zu beachten, dass die Gesamtmasse ohne Messsonden usw. ungefähr 250 kg beträgt.

4.4.6 Zwei identische Sandbett-Brenner (siehe Bild E.9) entsprechend den nachstehenden Festlegungen, einer (der „Hauptbrenner“) in der Bodenplatte des Probenträgerwagens angebracht, der andere (der „Nebenbrenner“) an einem vertikalen Profil des Gestells befestigt:

- a) Form: Rechtwinkliges und gleichschenkliges Dreieck (Draufsicht) mit einer Schenkellänge von 250 mm. Die Höhe beträgt 80 mm, der Boden ist bis auf einen 12,5 mm großen Rohranschluss im Schwerpunkt des Bodens geschlossen, die Brenner sind oben offen. Ein perforiertes Blech in Form eines Dreiecks muss im Brenner in einer Höhe von 10 mm über dem Boden angebracht sein. Je ein Metalldrahtgeflecht mit einer maximalen Maschenweite von 2 mm muss in einer Höhe von 12 mm und 60 mm über dem Brennerboden angebracht sein. Die Abweichungen der Maße müssen innerhalb von ± 2 mm liegen.
- b) Werkstoff: Gehäuse aus 1,5 mm dickem nichtrostenden Stahlblech, mit einem 10 mm hohen Hohlraum am Boden, darüber bis zu einer Höhe von 60 mm über Boden liegt eine Schicht aus Kies mit einer Korngröße von 4 mm bis 8 mm und bis zu einer Höhe von 80 mm eine oberste Schicht aus Sand mit einer Korngröße von 2 mm bis 4 mm. Das Metalldrahtgeflecht wird zur Stabilisierung der beiden Schichten verwendet und soll verhindern, dass der Kies in den Gasrohranschluss fällt. Der Kies und der Sand bestehen aus abgerundetem (Fluss-)Kies, nicht aus gebrochenem Split.
- c) Position des Hauptbrenners: befestigt im Unterbau (siehe Bilder E.9 und E.19) und verbunden mit dem U-Profil. Die Oberkante des Hauptbrenners muss sich (25 ± 2) mm oberhalb der Oberkante des U-Profils befinden.
- d) Position des Nebenbrenners: befestigt an dem vertikalen Profil des Gestells, das sich gegenüber der Probenecke befindet, die Oberkante des Brenners befindet sich auf einer Höhe von $(1\,450 \pm 5)$ mm über dem Boden des Prüfraums (1 000 mm vertikaler Abstand zur Abzugshaube), seine Hypotenuse liegt parallel und am nächsten zur Hypotenuse des Hauptbrenners.
- e) Der Hauptbrenner ist mit den U-Profilen verbunden, die sich an dem breiten und schmalen Probenflügel befinden (siehe Bild E.18, Positionsnummer 10). In beiden U-Profilen ist ein Verschlussblech (siehe Bild E.19) einzusetzen, das jeweils mit der Höhe der U-Profile abschließt und im Abstand von 0,3 m von der Ecklinie zwischen den befestigten Probenflügeln liegt (am Rand der Brennerzone, siehe 8.3.4).
- f) Der Hauptbrenner ist mit einem angewinkelten Rost zu schützen, wenn vorhergehende Versuche mit dem gleichen Produkttyp aufgrund des Abfallens von Material auf das Sandbett in Übereinstimmung mit 8.5 zu einem frühzeitigen Abbruch des Versuchs geführt haben. Der Rost muss ein Öffnungsverhältnis von mindestens 90 % haben. Eine Seite des Rosts ist auf die Hypotenuse des Hauptbrenners zu setzen. Der Winkel zwischen der horizontalen Linie von der Mitte der Hypotenuse und der Ecke der Proben und dem angewinkelten Rost muss $(45 \pm 5)^\circ$ sein. Siehe Bild E.36.

4.4.7 Schutzschild in rechteckiger Form, Breite (370 ± 5) mm, Höhe (550 ± 5) mm, aus einer Calciumsilikatplatte (Spezifikationen entsprechen denen der rückseitigen Abschlussplatten), mit dem Zweck, die Probekörper vor der Wärmestrahlung der Flammen des Nebenbrenners zu schützen.

Diese Platte wird an der Hypotenusenseite des Nebenbrenners so befestigt, dass die seitlichen Kanten der Calciumsilikatplatte um (8 ± 3) mm an beiden Brennerkanten überstehen und sich die Oberkante der Calciumsilikatplatte (470 ± 5) mm über der Oberfläche des Nebenbrenners befindet.

4.4.8 Massenstrom-Durchflussregler mit einem Regelbereich von 0 g/s bis 2,3 g/s und einer Ablesegenauigkeit von 1 % im Bereich von 0,6 g/s bis 2,3 g/s. Der Massenstrom-Durchflussregler ist jährlich zu kalibrieren.

ANMERKUNG Der Propangasstrom von 2,3 g/s entspricht einer Wärmefreisetzung von 107 kW, wenn hierbei der untere Heizwert von Propan angesetzt wird (46 360 kJ/kg). Die Genauigkeit von 1 % bezieht sich auch die Verwendung von Luft, Stickstoff oder Propan.

4.4.9 Umschaltvorrichtung, um das Propangas jeweils einem Brenner zuführen zu können.

Die Umschaltvorrichtung muss verhindern können, dass beide Brenner gleichzeitig mit Propangas versorgt werden, außer während der Umschaltzeit (der kurze Zeitabschnitt, während dessen die Wärmefreisetzung des Nebenbrenners abfällt und die Wärmefreisetzung des Hauptbrenners ansteigt). Diese Umschaltzeit, berechnet nach C.2.1, muss zwischen 9 s und 12 s betragen.

Es muss möglich sein, die Umschaltvorrichtung und das vorgeschaltete Hauptventil von außerhalb des Prüfraums aus zu bedienen.

4.4.10 Rückseitige Abschlussplatten, die die Probenflügel nach hinten im Probenträgerwagen abschließen.

Die Abschlussplatten müssen Calciumsilikatplatten mit einer hohen Rohdichte nach EN 13238 und einer Dicke von (12 ± 3) mm sein. Die Abschlussplatten müssen die folgenden Maße haben:

- a) für den schmalen Probenflügel: (mindestens $570 + \text{Dicke der Probe}$) mm $\times$ $(1\,500 \pm 5)$ mm;
- b) für den breiten Probenflügel: $(1\,000 \pm 5)$ mm $\times$ $(1\,500 \pm 5)$ mm.

Am schmalen Probenflügel ist die rückseitige Abschlussplatte breiter als die Probe. Diese zusätzliche Breite darf nur an einer Seite überstehen.

4.4.11 Entfernbare Plattenteile. Um zusätzliche Ventilation hinter den beiden Probenflügeln zu ermöglichen, müssen die Platten 22 und 25 in Bild E.20 durch halbe Platten so ersetzt werden, dass diese nur die obere Hälfte der durch die ursprünglichen Platten 22 und 25 ausgefüllten Flächen abdecken.

Die Platten dürfen nur unter den in 5.2.2 a) angegebenen Bedingungen entfernt werden.

4.5 Rauchabzugssystem

4.5.1 Unter Prüfbedingungen muss das Rauchabzugssystem in der Lage sein, kontinuierlich einen Volumenstrom von $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $0,65 \text{ m}^3/\text{s}$, bezogen auf eine Temperatur von 298 K, abführen zu können.

4.5.2 Das Abzugsrohr muss zwei seitliche Rohre (kreisförmiger Querschnitt mit einem inneren Durchmesser von 45 mm) haben, die horizontal und rechtwinklig zu der Längsachse des Abzugsrohrs auf gleicher Höhe angeordnet sind (siehe Bild E.32 und Bild E.33).

4.5.3 Die zwei möglichen Ausführungen des Abzugsrohrs sind in Bild E.1 abgebildet. Die Öffnung im Prüfraum für den Probenträgerwagen befindet sich an der Oberseite der Zeichnungen. Die Ausrichtung des Abzugsrohrs darf von Bild E.1 abweichen, sofern nachweislich sich dabei die Luftströmung über der Probe nicht ändert. Das 180°-Rohrwinkelstück im Abzugsrohr darf entfernt werden und die hemisphärische Drucksonde darf ersetzt werden, vorausgesetzt, es kann nachgewiesen werden, dass die Messgenauigkeit des Volumenstroms sich dabei nicht verschlechtert.

ANMERKUNG Aufgrund von Änderungen in der Wärmefreisetzung benötigen manche Abzugssysteme (besonders solche mit lokalen Ventilatoren) während der Prüfung eine manuelle oder automatische Nachstellung, um die Anforderungen nach 4.5.1 erfüllen zu können.

Das Abzugsrohr sollte regelmäßig gereinigt werden, um übermäßige Rußablagerungen zu vermeiden.

4.6 Ausrüstung des allgemeinen Messabschnitts

ANMERKUNG Siehe Bilder E.28 bis E.35.

4.6.1 Drei Mantel-Thermoelemente vom Typ K in Übereinstimmung mit EN 60584-1:2013, Durchmesser 0,5 mm bis 1 mm, isoliert.

Die Position der Spitzen muss auf einem Radius von (87 ± 5) mm um die Rohrachse und in einem gegenseitigen Winkelabstand von 120° liegen.

4.6.2 Hemisphärische Sonde, angeschlossen an einen Druck-Messumformer mit einem Messbereich von mindestens 0 Pa bis 100 Pa und einer Genauigkeit von ± 2 Pa (siehe Literaturhinweis [4]).

Der Druck-Messumformer muss eine 90 %-Ansprechzeit von 1 s oder besser haben.

4.6.3 Gasentnahmesonde, angeschlossen an eine Gaskonditionierungseinheit und Gasanalysegeräte für O_2 und CO_2 .

- a) Das O_2 -Gasanalysegerät muss vom paramagnetischen Typ sein und einen Messbereich von mindestens 16 % bis 21 % Sauerstoff (V_{O_2}/V_{Luft}) haben. Die Ansprechzeit des Analysegeräts darf nicht mehr als 12 s betragen (ermittelt nach C.2.2). Das Rauschen und die Drift des Analysegeräts dürfen nicht mehr als 100 ppm über eine Dauer von 30 min (beide Größen nach C.1.3 bestimmt) betragen. Das Ausgangssignal des Analysegeräts zum Datenerfassungssystem muss eine Auflösung von maximal 100 ppm haben.
- b) Das CO_2 -Analysegerät muss vom IR-Typ sein und einen Messbereich von mindestens 0 % bis 10 % Kohlendioxid haben. Die Linearität des Analysegeräts muss 1 % vom Messbereich oder besser sein. Die Ansprechzeit des Analysegeräts darf nicht mehr als 12 s (bestimmt nach C.2.2) betragen. Das Ausgangssignal vom Analysegerät zum Datenerfassungssystem muss eine Auflösung von maximal 100 ppm haben.

4.6.4 Lichtmessstrecke, mit weißem Licht, die über eine flexible Verbindung an den seitlichen Rohrstücken des Abzugsrohrs befestigt ist, und aus den folgenden Teilen besteht:

- a) *Lampe* mit Glühfaden und einer Lichtfarbtemperatur von $(2\,900 \pm 100)$ K. Die Lampe muss mit stabilisiertem Gleichstrom betrieben werden, der innerhalb von $\pm 0,5$ % stabil sein muss (einschließlich Temperatur-, Kurzzeit- und Langzeit-Stabilität).
- b) *Linsensystem*, um das Licht zu einem parallelen Lichtstrahl mit einem Durchmesser von mindestens 20 mm zu bündeln. Die Öffnung der Photozelle muss davor im Brennpunkt der Linse angeordnet sein und sie muss einen Durchmesser d haben, der hinsichtlich der Brennweite f der Linse so gewählt ist, dass das Verhältnis d/f kleiner als 0,04 ist.
- c) *Lichtempfänger* mit einer spektral verteilten Empfindlichkeit in Übereinstimmung mit CIE, $V(\lambda)$ -Funktion (die photooptischen Kurven nach CIE) bei einer Genauigkeit von mindestens ± 5 %. Das Ausgangssignal des Empfängers muss über einen Bereich von mindestens zwei Dekaden innerhalb von 3 % des gemessenen Transmissionswertes oder 1 % der absoluten Transmission, linear sein.

Zur Kalibrierung der Lichtmessstrecke siehe C.1.5. Die 90 %-Ansprechzeit des Messsystems darf 3 s nicht überschreiten.

Um zu verhindern, dass Rauch in den seitlichen Rohren eingeschlossen wird und dass Ruß sich auf der Optik absetzt, ist Spülluft entweder durch Selbstansaugen oder per Druckluft in die seitlichen Rohre einzuführen. Bei Verwendung von Druckluft darf die Luftstromgeschwindigkeit maximal 5 l/min betragen.

4.7 Weitere allgemeine Messgeräte

4.7.1 Thermoelement vom Typ K in Übereinstimmung mit EN 60584-1:2013, Durchmesser (2 ± 1) mm, zur Messung der Umgebungstemperatur der in den Prüfraum einströmenden Luft, befestigt an der Außenwand des Prüfraums. Das Thermoelement muss innerhalb von 0,20 m der Öffnung des Probenträgerwagens und in weniger als 0,20 m Höhe über dem Laborboden befestigt sein.

4.7.2 Messausrüstung zur Messung des Umgebungsluftdrucks mit einer Genauigkeit von ± 200 Pa (2 mbar).

4.7.3 Messausrüstung zur Messung der relativen Feuchte der Umgebungsluft mit einer Genauigkeit von ± 5 % innerhalb des Messbereichs von 20 % bis 80 %.

4.7.4 Datenerfassungssystem (zur automatischen Erfassung der Messdaten) mit einer Genauigkeit gleich oder besser als 100 ppm (0,01 %) für O₂ und CO₂, 0,5 °C für die Temperaturmessung, 0,01 % vom gesamten Messbereich der anderen Messgeräte und 0,1 s für die Zeiterfassung.

Das Datenerfassungssystem muss alle 3 s die folgenden Größen erfassen und abspeichern (Angaben zum Messdaten-Datei-Format sind in Anhang F angegeben):

- a) Zeit, in s;
- b) Propangas-Massenstrom durch den Brenner, in mg/s;
- c) Druckdifferenz von der hemisphärischen Sonde, in Pa;
- d) Lichttransmission, dimensionslos;
- e) O₂-Konzentration, in $(V_{O_2}/V_{\text{luft}})$ %;
- f) CO₂-Konzentration, in $(V_{CO_2}/V_{\text{luft}})$ %;
- g) Umgebungstemperatur am Lufteinlass am Boden des Probenträgerwagens, in K;
- h) drei Temperaturen im allgemeinen Messabschnitt, in K.

5 Proben

5.1 Abmessungen der Proben

5.1.1 Die Probenecke besteht aus zwei Probenflügeln, die als schmaler bzw. als breiter Probenflügel bezeichnet werden. Die maximale Dicke einer Probe beträgt 200 mm.

Plattenförmige Bauprodukte müssen die folgenden Maße haben:

- a) schmaler Probenflügel: (495 ± 5) mm $\times$ $(1\,500 \pm 5)$ mm;
- b) breiter Probenflügel: $(1\,000 \pm 5)$ mm $\times$ $(1\,500 \pm 5)$ mm.

ANMERKUNG Falls zusätzliche Materialien für die Zusammensetzung der Proben (nach 5.3.2) verwendet werden, beziehen sich die genannten Maße auf die zusammengesetzte Probe.

5.1.2 Proben mit einer Dicke von mehr als 200 mm sind auf eine Dicke von 200_{-10}^0 mm zu reduzieren, indem die Dicke von der nicht der Beflammung ausgesetzten Oberfläche her reduziert wird, sofern keine anderen Festlegungen in der Produktspezifikation gegeben sind.

5.1.3 Zwei horizontale Linien sind auf der Vorderseite des breiten Probenflügels nahe der Außenkante, die von der Ecke am weitesten entfernt liegt, zu zeichnen, um so die seitliche Flammenausbreitung bis zur Außenkante in einer Höhe zwischen (500 ± 3) mm und $(1\,000 \pm 3)$ mm von der unteren Kante der Probe aus gemessen beobachten zu können. Die Linienbreite darf höchstens 3 mm betragen.

5.2 Einbau der Proben

5.2.1 Einbau wie in der praktischen Anwendung

Werden Bauprodukte wie in der praktischen Anwendung eingebaut und geprüft, so sind die Prüfergebnisse nur für diese Anwendung gültig.

5.2.2 Normgemäßer Einbau

Werden Bauprodukte normgemäß eingebaut geprüft, so sind die Prüfergebnisse für diese praktische Anwendung gültig und können zusätzlich für einen größeren Bereich von praktischen Anwendungen gültig sein. Der verwendete normgemäße Einbau und sein Gültigkeitsbereich müssen in Übereinstimmung mit den entsprechenden Produktspezifikationen und dem Folgenden sein:

- a) Platten, die in ihrer praktischen Anwendung frei stehend verwendet werden, sind freistehend mit einem Abstand von mindestens 80 mm zu den rückseitigen Abschlussplatten zu prüfen. Platten, die in ihrer praktischen Anwendung hinterlüftet sind, sind mit einem Hohlraum mit einer Breite von mindestens 40 mm zu prüfen. Für diese beiden Plattentypen müssen die Außenkanten des Hohlraums, die sich am weitesten von der Ecke entfernt befinden, offen bleiben. Dabei sind die Plattenteile nach 4.4.11 zu entfernen, und die Hohlräume hinter den beiden Probenflügeln der Proben müssen in offener Verbindung zueinander sein. Für andere Plattentypen müssen die Seiten, die am weitesten von der Ecke entfernt sind, geschlossen sein, die Plattenteile nach 4.4.11 müssen eingebaut sein und die Hohlräume hinter beiden Probenflügeln dürfen nicht in offener Verbindung zueinander sein.
- b) Platten, die in der praktischen Anwendung mechanisch auf einer Trägerplatte befestigt werden, sind mit den entsprechenden Befestigungsmitteln auf einer Trägerplatte befestigt zu prüfen. Befestigungen, die aus der Probenoberfläche herausstehen, sind so anzuordnen, dass der Probenflügel gegen das U-Profil am Boden und gegen den anderen Probenflügel an seiner Seite über die gesamte Länge direkt gestellt werden kann.
- c) Platten, die in ihrer praktischen Anwendung mechanisch derart auf einer Trägerplatte befestigt werden, dass dahinter ein Hohlraum entsteht, sind mit einem Hohlraum zwischen Trägerplatte und rückseitiger Abschlussplatte zu prüfen. Der Abstand zwischen der Trägerplatte und der rückseitigen Abschlussplatte muss mindestens 40 mm betragen.
- d) Bauprodukte, die in ihrer praktischen Anwendung auf einer Trägerplatte verklebt werden, sind auf einer Trägerplatte verklebt zu prüfen.
- e) Bauprodukte, die Fugen aufweisen, sind mit einer horizontalen Fuge in einer Höhe von 500 mm über der Probenunterkante am breiten Probenflügel zu prüfen. Bauprodukte, die mit einer vertikalen Fuge zu prüfen sind, müssen mit einer vertikalen Fuge am breiten Probenflügel im Abstand von 200 mm von der Ecke aus, gemessen im eingebauten Zustand, geprüft werden.

ANMERKUNG 1 Die Unterkanten der Proben sind im eingebauten Zustand auf dem Probenträgerwagen nicht sichtbar. Die Höhe wird von der Unterkante der Proben gemessen, nicht von der Oberkante des U-Profils des Probenträgerwagens aus.

- f) Mehrschichtige Bauprodukte mit Hohlkammern sind mit vertikal verlaufenden Hohlkammern zu prüfen.
- g) Norm-Trägerplatten müssen die Anforderungen nach EN 13238 erfüllen. Die Abmessungen der Trägerplatten müssen in Übereinstimmung mit den Abmessungen der Probekörper (siehe 5.1.1) sein:
 - 1) für den schmalen Probenflügel: die Länge der Trägerplatte muss der Länge des kleinen Flügels zuzüglich der Dicke der Probe und der Dicke der Trägerplatte entsprechen;

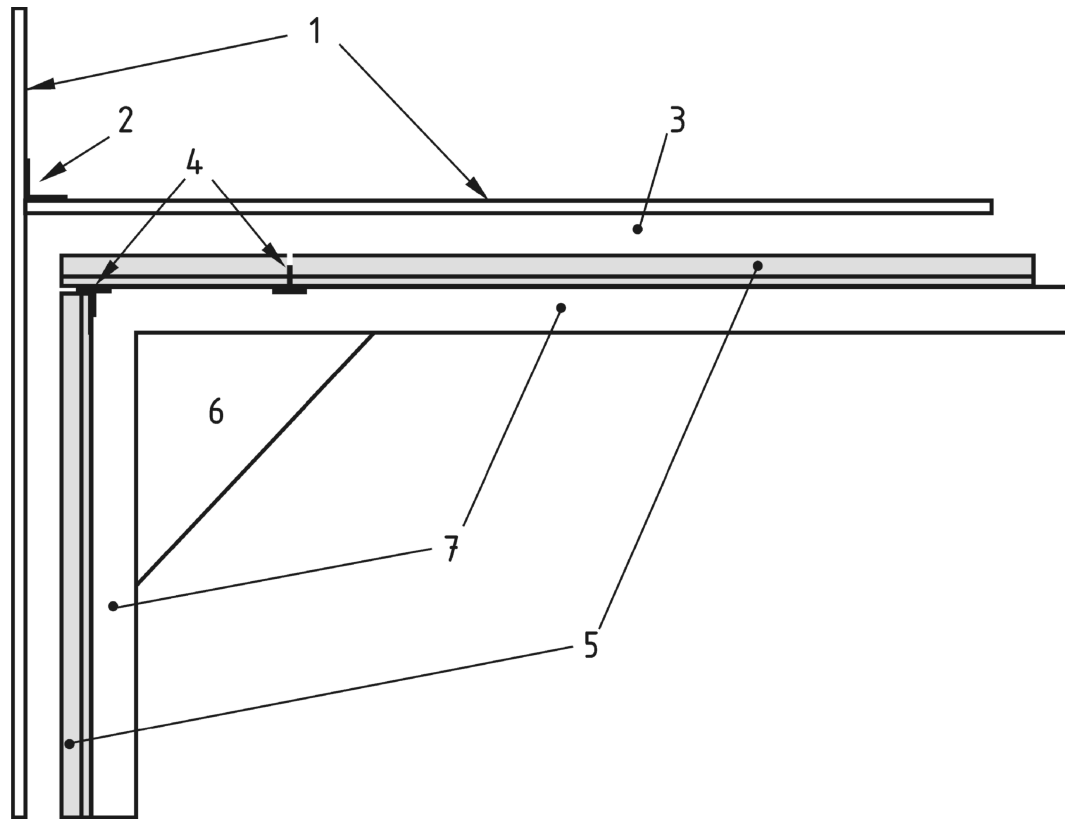
- 2) für den breiten Probenflügel: die Trägerplatte muss mit den seitlichen und vertikalen Abmessungen der Probe übereinstimmen.
- h) Nichtebene Bauprodukte müssen so geprüft werden, dass höchstens 30 % einer repräsentativen Fläche von 250 mm × 250 mm der beflamnten Oberfläche einen Abstand von mehr als 10 mm zur vertikal durch die Rückseite des U-Profils verlaufenden Ebene aufweisen. Uebene Bauprodukte dürfen umgestaltet und/oder teilweise über das U-Profil hinweg zum Brenner hin angeordnet werden, um diese Anforderungen zu erfüllen. Ein Bauprodukt darf nicht in den Hauptbrenner hineinragen (d. h. der maximal zulässige Überstand über das U-Profil hinweg ist 40 mm).
- i) Falls ein Produkt üblicherweise nicht in den Abmessungen hergestellt wird, die für die Herstellung eines Probekörpers für jede Probekörperseite erforderlich ist, ist ein spezieller Probekörper wie folgt herzustellen:

Der Einbau von Produkten in Originalgröße sollte am unteren Teil der durch die beiden Flügel gebildeten Ecke beginnen. Der Probekörper ist dann aus Stücken des Produktes in Originalgröße herzustellen, die von der unteren Ecke ausgehend so angeordnet werden, dass sich die zugeschnittenen Teile an den Rändern der Probekörperflügel befinden.

Sofern der Probekörper eine horizontale und/oder vertikale Fuge nach 5.2.2 e) enthält, hat die Anordnung der Fugen stets Vorrang. Beginnend in der unteren Ecke, die dem Hauptbrenner am nächsten liegt, wird die Probe mit Produkten in Originalgröße aufgebaut. Wenn ein Zuschneiden des Produktes notwendig ist, um eine waagerechte und/oder senkrechte Fuge an vorgegebener Stelle einzubauen, sollte der weitere Aufbau der Probe im angrenzenden Abschnitt unter Verwendung des Produktes in Originalgröße an die Fuge anschließen.

Bauprodukte werden für die Prüfung an der Rückseite des U-Profils angeordnet (siehe 5.3.1). Ein installiertes, vollkommen ebenes Bauprodukt liegt deshalb in der vertikalen Ebene an der Rückseite des U-Profils. Da die Position der Oberfläche der Probe die Höhe der von den Brennerflammen aufgenommenen Energie beeinflusst, sollten sich die wesentlichen Teile von unebenen Bauprodukten nicht allzu weit hinter der vertikalen Ebene an der Rückseite des U-Profils befinden.

ANMERKUNG 2 Bild 2 zeigt ein Beispiel für die Anordnung der Probe und der rückseitigen Abschlussplatte.



Legende

- | | | | |
|---|------------------------------|---|--------------|
| 1 | rückseitige Abschlussplatten | 5 | Probenflügel |
| 2 | L-Profil | 6 | Hauptbrenner |
| 3 | Luftspalt | 7 | U-Profile |
| 4 | Fugen | | |

Bild 2 — Beispiel für den Aufbau der Ecke

5.3 Einbau der Proben auf dem Probenträgerwagen

5.3.1 Die beiden Probenflügel sind im Probenträgerwagen wie folgt aufzubauen:

- Der schmale Probenflügel und die rückseitige Abschlussplatte werden mit dem überstehenden Teil der rückseitigen Abschlussplatte auf der Seite des Hauptbrenners und mit der Unterkante der Probe gegen das kurze U-Profil am Boden des Probenträgerwagens im Probenträgerwagen eingebaut.
- Der breite Probenflügel und die rückseitige Abschlussplatte werden so in den Probenträgerwagen gestellt, dass die Außenkante der rückseitigen Abschlussplatte gegen die überstehende Abschlussplatte des schmalen Probenflügels und die Unterkante der Probe gegen das lange U-Profil am Boden des Probenträgerwagens angeordnet sind.
- Beide Probenflügel sind oben und unten fest einzuspannen.
- Um sicherzustellen, dass die durch die beiden Abschlussplatten gebildete Ecke sich während der Prüfung nicht öffnet, ist ein L-Profil aus Metall, Länge 1 500 mm, gegen die Rückseite der durch die beiden Abschlussplatten gebildeten Ecke zu stellen. Das L-Profil ist mit Befestigungsmitteln mit einem Mittenabstand von maximal 250 mm an den Abschlussplatten anzubringen.

5.3.2 Die ungeschützten Kanten der Proben und die Fuge in der Ecke dürfen durch Verwendung zusätzlicher Bauprodukte geschützt werden, sofern dies der praktischen Anwendung entspricht. Wenn

zusätzliche Bauprodukte verwendet werden, muss die Breite der Probenflügel einschließlich der zusätzlichen Bauprodukte den Angaben in 5.1.1 entsprechen.

5.3.3 Nach dem Einbau des Probekörpers in den Probenträgerwagen muss die Anordnung wie folgt fotografiert werden:

- a) Eine Gesamtansicht der zu beanspruchenden Oberfläche des breiten Probenflügels. Der Mittelpunkt des breiten Probenflügels muss im Mittelpunkt des Blickfeldes liegen. Die Kamera muss rechtwinklig zur Oberfläche des breiten Probenflügels ausgerichtet sein.
- b) Eine Nahaufnahme der vertikalen Außenkante des breiten Probenflügels in einer Höhe von 500 mm oberhalb des Bodens vom Probenträgerwagen. Der Aufnahmewinkel muss horizontal und ungefähr in einem Winkel von 45° zur vertikalen Fläche des Probenflügels liegen.
- c) Falls zusätzliche Bauprodukte (in Übereinstimmung mit 5.3.2) verwendet werden: eine Nahaufnahme der Kanten und/oder Fugen, an denen Bauprodukte aufgebracht werden.

5.4 Anzahl der Probekörper

Drei Probekörper (drei Sätze aus breiten und schmalen Probenflügeln) sind in Übereinstimmung mit Abschnitt 8 zu prüfen.

Falls das Verhalten des zu prüfenden Produkts orientierungsabhängig ist und die zu prüfende Orientierung weder in dieser Norm noch in der Produktnorm festgelegt ist, ist jeweils ein Probekörper des Produkts einmal in beiden Richtungen zu prüfen. Die Prüfung ist dann durch weitere zweimalige Prüfung der Konfiguration mit den ungünstigsten Klassifizierungsparametern abzuschließen. Dies gilt nur, wenn für eine Orientierung schlechtere Ergebnisse für alle Klassifizierungsparameter ($FIGRA_{0,2\text{ MJ}}$, $FIGRA_{0,4\text{ MJ}}$, THR_{600s} , $SMOGRA$, TSP_{600s} , LSF , brennendes Abtropfen/Abfallen) erzielt werden. Falls einige Parameter in einer Richtung und die anderen Parameter in der anderen Richtung die ungünstigsten Ergebnisse erzielen, sind drei Probekörper in beiden Richtungen zu prüfen.

6 Konditionierung

6.1 Die Konditionierung muss nach EN 13238 durchgeführt werden und entsprechend den Anforderungen in 6.2 erfolgen.

6.2 Die Teile, aus denen eine Probe besteht, dürfen getrennt oder bereits miteinander verbunden konditioniert werden. Jedoch sind Proben, die verklebt mit einer Trägerplatte geprüft werden, vor der Konditionierung zu verkleben.

ANMERKUNG Das Erreichen konstanter Masse kann für Proben, die bereits auf einer Trägerplatte befestigt sind, länger dauern.

7 Kurzbeschreibung

Ein Probekörper, bestehend aus zwei vertikal stehenden, eine rechtwinklige Ecke bildenden Probenflügeln wird den Flammen eines unten in der Ecke angeordneten Brenners („Hauptbrenner“) ausgesetzt. Die Flammen werden durch Verbrennen von Propangas, welches durch ein Sandbett strömt, erzeugt. Die Wärmefreisetzungsrate des Brenners beträgt $(30,7 \pm 2,0)$ kW.

Das Brandverhalten des Probekörpers wird über eine Zeitspanne von 20 min beurteilt. Die das Brandverhalten beschreibenden Parameter sind: Wärmefreisetzung, Rauchentwicklung, seitliche (horizontale) Flammenausbreitung und brennendes Abfallen/Abtropfen.

Eine kurze Dauer vor Zündung des Hauptbrenners wird dazu benutzt, um mithilfe eines im Abstand zum Probekörper angeordneten identischen Brenners („Nebenbrenner“) die Wärmefreisetzung und die Rauchentwicklung des Brenners für sich allein zu messen.

Einige Messungen werden automatisch durchgeführt, andere erfolgen durch visuelle Beobachtung. Das Rauchgas-Abzugsrohr ist mit Messwertaufnehmern zur Messung der Temperatur, der Lichtschwächung, des O₂- und CO₂-Mol-Anteils und einer strömungsinduzierten Druckdifferenz im Abzugsrohr ausgestattet. Diese Größen werden automatisch aufgezeichnet und zur Berechnung des Volumenstroms, der Wärmefreisetzungsrate (*HRR*) und der Rauchentwicklungsrate (*SPR*) verwendet.

Seitliche Flammenausbreitung und brennendes Abtropfen/Abfallen werden durch visuelle Beobachtungen festgestellt.

8 Prüfverfahren

8.1 Allgemeines

Die Schritte in 8.2 sind nacheinander durchzuführen, wobei die Messwerterfassung in Betrieb ist und der Probenträgerwagen mit den Proben und dem Hauptbrenner unter der Abzugshaube im Gestell steht. Der gesamte Prüfablauf vom Entnehmen der Probe aus dem Konditionierungsraum bis zum Ende der Prüfung muss innerhalb von 2 h erfolgen.

Alle elektronischen Vorrichtungen und Pumpen sind ausreichend lange vor der Kalibrierung oder Prüfung einzuschalten, um das Erreichen des Gleichgewichts zu ermöglichen.

Bei den meisten Geräten hat sich ein Zeitraum von einer halben Stunde als geeignet erwiesen. Die Stabilisierungszeit von Gasanalysegeräten ist jedoch wesentlich länger. Gasanalysegeräte sollten daher stets eingeschaltet bleiben.

8.2 Prüfablauf

8.2.1 Der abgesaugte Volumenstrom, $V_{298}(t)$, ist auf $(0,60 \pm 0,05) \text{ m}^3/\text{s}$ (berechnet nach A.5.1.1 a)) einzustellen. Dieser Volumenstrom muss während der gesamten Prüfdauer im Bereich zwischen $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $0,65 \text{ m}^3/\text{s}$ liegen.

ANMERKUNG Aufgrund von Änderungen in der Wärmefreisetzung kann es sein, dass manche Abzugssysteme (besonders solche mit lokalem Gebläse) eine manuelle oder automatische Steuerung benötigen, um die Anforderungen zu erfüllen.

8.2.2 Die Temperaturen T_1 , T_2 und T_3 der Thermoelemente im Abzugsrohr und die Umgebungstemperatur sind über eine Dauer von mindestens 300 s aufzuzeichnen. Die Umgebungstemperatur muss $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ betragen und die Temperaturen im Abzugsrohr dürfen um nicht mehr als $4 ^\circ\text{C}$ von der Umgebungstemperatur abweichen.

8.2.3 Die Zündflammen von beiden Brennern sind zu zünden (falls Zündflammen verwendet werden). Änderungen in der Gaszufuhr zu den Zündflammen dürfen während der Prüfung 5 mg/s nicht überschreiten.

8.2.4 Die Bedingungen vor der Prüfung sind aufzuzeichnen. Die aufzuzeichnenden Daten sind in 8.3.2 aufgeführt.

8.2.5 Die Zeitmessung mit dem Zeitmessgerät und die automatische Aufzeichnung der Messdaten sind zu starten. Der Startzeitpunkt ist definiert durch $t = 0 \text{ s}$. Die aufzuzeichnenden Daten sind in 8.4 aufgeführt.

8.2.6 Bei $t = (120 \pm 5) \text{ s}$: Der Nebebrenner ist zu zünden und der Propangas-Massenstrom ist auf $m_{\text{gas}} = (647 \pm 10) \text{ mg/s}$ einzustellen. Die Einstellungen müssen vor $t = 150 \text{ s}$ durchgeführt sein. Der angegebene Bereich des Propangas-Massenstromes muss während der gesamten Prüfdauer eingehalten werden.

ANMERKUNG Die Zeitperiode $210 \text{ s} < t < 270 \text{ s}$ wird dazu verwendet, die Grundlinie für die Wärmefreisetzungsrate zu messen.

8.2.7 Bei $t = (300 \pm 5) \text{ s}$: Die Gasversorgung ist vom Nebebrenner auf den Hauptbrenner umzuschalten.

8.2.8 Das Brandverhalten der Probe ist über einen Zeitraum von 1 260 s zu beobachten und die Daten sind im Prüfprotokoll aufzuzeichnen. Die aufzuschreibenden Daten sind in 8.3.3 und 8.3.4 aufgeführt.

ANMERKUNG Die effektive Dauer der Beflammung der Proben durch die Flammen des Hauptbrenners beträgt 1 260 s. Das Brandverhalten wird über eine Zeitspanne von 1 200 s beurteilt.

8.2.9 Bei $t \geq 1 560 \text{ s}$:

- a) Die Gaszufuhr zum Brenner ist zu schließen;
- b) die automatische Datenerfassung ist anzuhalten.

8.2.10 Die Bedingungen am Ende der Prüfung sind frühestens 1 min nach dem vollständigen Verlöschen der Probe im Prüfprotokoll festzuhalten. Die aufzuzeichnenden Daten sind in 8.3.5 aufgeführt.

Die Bedingungen am Ende der Prüfung sollten ohne den Einfluss einer noch anhaltenden Verbrennung aufgezeichnet werden. Falls es schwierig ist, die Probe vollständig zu löschen, kann der Probenträgerwagen aus dem Prüfraum entfernt werden.

8.3 Beobachtungen und manuelle Aufzeichnung von Daten

8.3.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt erwähnten Größen sind durch visuelle Beobachtung zu erfassen und im vorgegebenen Format aufzuzeichnen. Der Beobachter muss mit einem Zeitmessgerät mit der Möglichkeit der Messung von Zwischenzeiten ausgestattet sein. Die Beobachtungen sind in einem Prüfprotokoll aufzuzeichnen, siehe Beispiel in Anhang G.

8.3.2 Bedingungen vor der Prüfung

Die folgenden Größen sind aufzuzeichnen:

- a) Umgebungsdruck (Pa);
- b) relative Luftfeuchte der Umgebungsluft (% H₂O);
- c) Umgebungstemperatur (°C).

8.3.3 Seitliche Flammenausbreitung am breiten Probenflügel

Die seitliche (horizontale) Flammenausbreitung ist aufzuzeichnen, sobald anhaltende Flammen im Verlauf der Prüfung die Außenkante des breiten Probenflügels in einer Höhe zwischen 500 mm und 1 000 mm erreichen. Entscheidend für die Bewertung ist das Ausmaß anhaltenden Brennens über eine Zeitspanne von mindestens 5 s auf der Probenoberfläche.

Falls das Kriterium in Bezug auf die seitliche Flammenausbreitung nicht erfüllt wird, dürfen zusätzliche Prüfungen auf Wunsch des Auftraggebers durchgeführt werden; dabei muss der breite Probenflügel eine Breite von 1 m zuzüglich der Probendicke aufweisen.

Falls in den drei zusätzlichen Prüfungen die Flamme die Kante des breiten Probenflügels nicht erreicht, gilt das Kriterium in Bezug auf die seitliche Flammenausbreitung als erfüllt.

ANMERKUNG Die Unterkante der Probe ist nicht sichtbar, wenn die Probe im Probenträgerwagen eingebaut ist. Im Einbauzustand beträgt die Probenhöhe an der Oberkante des U-Profiles des Probenträgerwagens ungefähr 20 mm.

8.3.4 Brennendes Abtropfen/Abfallen

Sofern brennendes Abtropfen oder Abfallen zu erwarten ist, ist die Prüfung mit einer geeigneten hochauflösenden Kamera kontinuierlich aufzuzeichnen.

Brennendes Abtropfen oder Abfallen ist nur innerhalb der ersten 600 s der Beanspruchungsdauer und auch nur, wenn die Tropfen/Teile auf den Boden des Probenträgerwagens (in Höhe der Unterkante der Probe) außerhalb der Brennerzone fallen, aufzuzeichnen. Diese Brennerzone ist definiert als der Abschnitt des Bodens des Probenträgerwagens vor den Probenflügeln mit einem Abstand von weniger als 0,3 m zu der aus den Probenflügeln gebildeten Ecklinie nach Bild 3. Die folgenden Erscheinungen sind aufzuzeichnen:

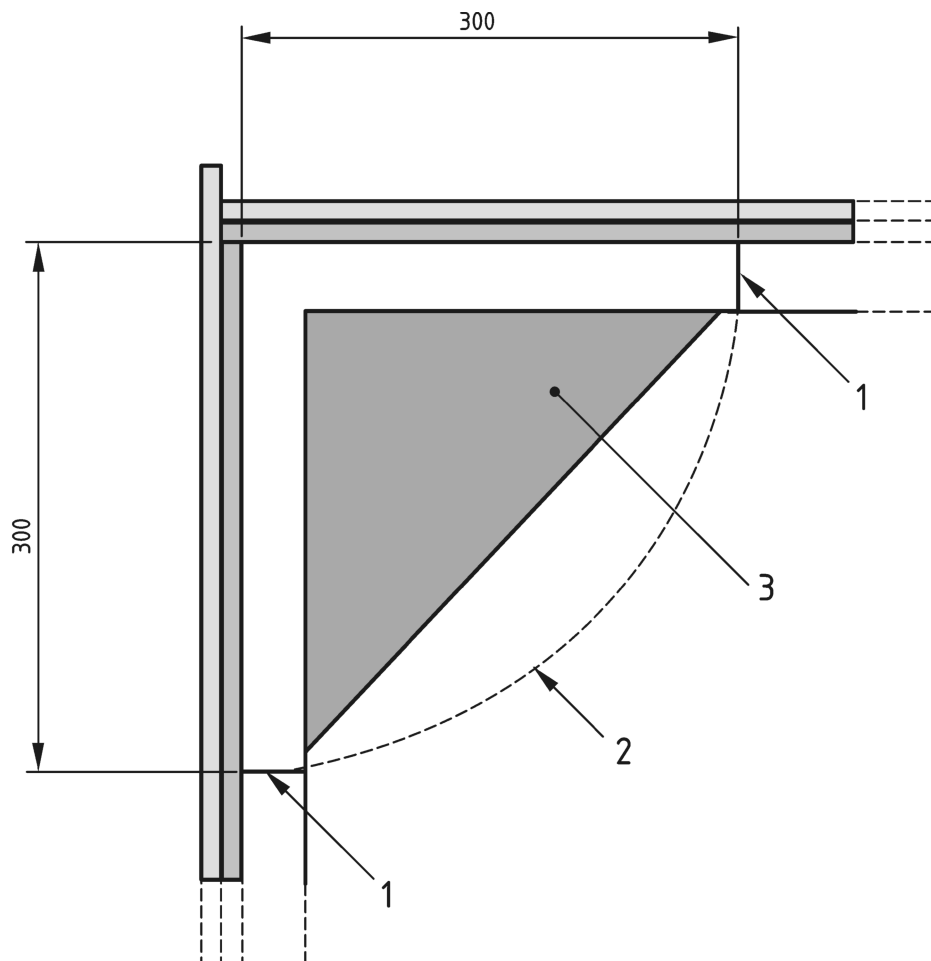
- a) brennendes Abtropfen/Abfallen, in der vorgegebenen Zeit außerhalb der Brennerzone, wobei die brennenden Tropfen/Teile nach dem Abtropfen/Abfallen nicht länger als 10 s weiter brennen;
- b) brennendes Abtropfen/Abfallen, in der vorgegebenen Zeit außerhalb der Brennerzone, wobei die brennenden Tropfen/Teile nach dem Abtropfen/Abfallen mehr als 10 s weiter brennen.

Ein auf dem Boden des Probenträgerwagens gezogener Viertelkreis ist notwendig, um die Brennerzone zu kennzeichnen. Die Linienbreite muss kleiner als 3 mm sein.

Brennende Teile des Probekörpers, die den Boden des Probenträgerwagens außerhalb der Brennerzone berühren, sollten als abgefallene Teile betrachtet werden, auch wenn die betreffenden Teile noch am Probekörper festhängen (z. B. durch Abbiegen eines weich gewordenen Bauprodukts).

ANMERKUNG Um zu verhindern, dass geschmolzenes Material aus dem Bereich der Brennerzone herausfließt, ist ein Verschluss sowohl im U-Profil am breiten Probenflügel als auch im U-Profil am schmalen Probenflügel jeweils am Rand der Brennerzone vorgesehen (siehe 4.4.6).

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Verschlussplatte im U-Profil
- 2 Grenze der Brennerzone
- 3 Hauptbrenner

Bild 3 — Brennerzone

8.3.5 Bedingungen zum Ende der Prüfung

Die folgenden Größen sind aufzuzeichnen:

- a) Lichttransmission im „allgemeinen Messabschnitt“ im Abzugsrohr (%);
- b) O₂-Molanteil im „allgemeinen Messabschnitt“ im Abzugsrohr;
- c) CO₂-Molanteil im „allgemeinen Messabschnitt“ im Abzugsrohr.

8.3.6 Aufzuzeichnende Ereignisse

Die folgenden Ereignisse sind aufzuzeichnen:

- a) das Auftreten von oberflächlichem Abflammen;
- b) Rauch aus den Proben, der nicht über die Abzugshaube abgeführt wird, sondern in den Prüfraum strömt;
- c) das Abfallen von Teilen der Probe;
- d) das Entstehen eines Spaltes in der Ecke (Versagen der gegenseitigen Fixierung der rückseitigen Abschlussplatten);
- e) das Auftreten von einer oder mehreren Bedingungen, die einen frühzeitigen Abbruch der Prüfung in Übereinstimmung mit 8.5 rechtfertigen;
- f) das Auftreten von Verformungen oder das Auseinanderbrechen der Probe;
- g) alle weiteren Ereignisse, die für die richtige Interpretation der Prüfergebnisse oder für den Anwendungsbereich des Bauprodukts von Bedeutung sein können.

8.4 Automatische Datenerfassung

8.4.1 Die in 8.4.2 bis 8.4.9 aufgeführten Größen sind automatisch alle 3 s während des in 8.2 angegebenen Zeitraums zu messen und aufzuzeichnen und für die weitere Bearbeitung zu speichern.

8.4.2 Die Zeit (t), in s, zum Zeitpunkt des Beginns der Aufzeichnung der Daten ist als $t = 0$ definiert.

8.4.3 Massenstrom des Propangases zum Brenner (m_{gas}) in mg/s.

8.4.4 Druckdifferenz über der hemisphärischen Sonde (Δp), im allgemeinen Messabschnitt des Abzugsrohrs, in Pa.

8.4.5 Signal vom Lichtempfänger (I) der Lichtmessstrecke im allgemeinen Messabschnitt des Abzugsrohrs, in %.

8.4.6 O₂-Molanteil im Abgasstrom (x_{O_2}), entnommen durch die Gasentnahmesonde im allgemeinen Messabschnitt des Abzugsrohrs.

Die Sauerstoff- und Kohlendioxid-Konzentrationen werden nur im Abzugsrohr gemessen; es wird vorausgesetzt, dass beide Konzentrationen in dem in den SBI-Prüfraum einströmenden Luftstrom während der Prüfung konstant bleiben. Es sollte beachtet werden, dass bei Luft aus einem Bereich, in dem Sauerstoff verbraucht wird (z. B. durch Brandprüfungen), diese Anforderung nicht erfüllt ist.

8.4.7 CO₂-Molanteil im Abgasstrom (x_{CO_2}), entnommen durch die Gasentnahmesonde im allgemeinen Messabschnitt des Abzugsrohrs.

8.4.8 Temperatur der Umgebungsluft (T_0) im Lufteinlass am Boden des Probenträgerwagens, in K.

8.4.9 Die drei Temperaturen (T_1 , T_2 und T_3) im allgemeinen Messabschnitt des Abzugsrohrs, in K.

8.5 Frühzeitige Beendigung der Prüfung

Der Hauptbrenner ist vor Ablauf der nominellen Beflammungsdauer abzustellen, wenn Material auf das Sandbett des Brenners fällt und die Brennerflammen erheblich stört oder erstickt.

Wenn die halbe Fläche des Brenners durch herabfallendes Material bedeckt wird, sollte die vorzeitige Beendigung der Prüfung in Erwägung gezogen werden.

Die Zeit des Abstellens der Gaszufuhr zum Brenner und der Grund hierfür sind aufzuzeichnen.

Die Ergebnisse einer Prüfung sind für Klassifizierungszwecke nicht gültig, wenn die Prüfung vorzeitig abgebrochen wurde.

ANMERKUNG Eine vorzeitige Beendigung der Prüfung kann durch Einsatz eines angewinkelten Rostes nach 4.4.6 verhindert werden.

Die folgenden Vorkommnisse können das Prüfgerät beschädigen:

- a) eine Wärmefreisetzungsrate der Probe, die 350 kW überschreitet oder über eine Zeitspanne von 30 s einen Mittelwert von 280 kW überschreitet;
- b) eine Temperatur im Abzugsrohr, die zu einem beliebigen Zeitpunkt 400 °C überschreitet oder über eine Zeitspanne von 30 s einen Mittelwert von 300 °C überschreitet.

Bei Überschreiten der oben angegebenen Grenzwerte darf der Prüfer eine vorzeitige Beendigung der Prüfung in Erwägung ziehen. Bei der Messung der Werte für die Temperaturen und die Wärmefreisetzungsrate ist mit einem gewissen Grad an Rauschen zu rechnen. Daher ist es ratsam, die Prüfung nicht zu beenden, wenn nur ein oder zwei aufeinanderfolgende Messwerte die vorgegebenen Höchstwerte überschreiten.

9 Darstellung der Ergebnisse

9.1 Für jeden Brandversuch ist das Brennverhalten des Bauproduktes folgendermaßen darzustellen: durch Diagramme der mittleren Wärmefreisetzungsrate $HRR_{av}(t)$, der gesamten freigesetzten Energie $THR(t)$ und für $1\,000 \times HRR_{av}(t)/(t - 300)$ für das Zeitintervall $0 \leq t \leq 1\,500$ s, durch Werte für $FIGRA_{0,2\,MJ}$ und $FIGRA_{0,4\,MJ}$ und für die gesamte freigesetzte Energie innerhalb der ersten 600 s der Beflammung THR_{600s} , berechnet in Übereinstimmung mit A.5, sowie durch Angaben zur seitlichen Flammenausbreitung bis zur Probenkante in Übereinstimmung mit 8.3.3, sofern zutreffend.

9.2 Für jeden Brandversuch ist das Rauchentwicklungsverhalten des Bauproduktes durch Diagramme zu $SPR_{av}(t)$, zur gesamten freigesetzten Rauchmenge $TSP(t)$ und zu $10\,000 \times SPR_{av}(t)/(t - 300)$ für das Zeitintervall $0 \leq t \leq 1\,500$ s darzustellen; außerdem durch die Angabe der Werte für $SMOGRA$ (en.: *smoke growth rate index*) und für die gesamte freigesetzte Rauchmenge innerhalb der ersten 600 s der Beflammung TSP_{600s} , berechnet in Übereinstimmung mit A.6.

9.3 Für jeden Brandversuch sind Angaben zum Verhalten des Bauproduktes hinsichtlich brennenden Abfallens/Abtropfen nach einer oder beiden Kategorien für brennendes Abfallen/Abtropfen nach 8.3.4 a) oder b) zu machen.

10 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten. Eine eindeutige Unterscheidung ist zwischen den Daten, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, und den Daten, die durch den Versuch bestimmt wurden, zu machen:

- a) eine Verweisung darauf, dass die Prüfung in Übereinstimmung mit dieser Norm durchgeführt wurde;
- b) jede Abweichung vom Prüfverfahren;
- c) Name und Adresse des Prüflabors;
- d) Datum und Identifikationsnummer des Prüfberichts;
- e) Name und Adresse des Auftraggebers;
- f) Name und Adresse des Herstellers/Lieferanten, falls bekannt;
- g) Datum des Probeneingangs;
- h) Identifikation des Bauproduktes;
- i) Beschreibung der Probenahme, wenn relevant;
- j) eine allgemeine Beschreibung des geprüften Bauproduktes einschließlich Rohdichte, flächenbezogener Masse und Dicke, zusammen mit der Art des Aufbaus der Probe;
- k) Beschreibung der Trägerplatte und der Befestigung auf der Trägerplatte (falls eine verwendet wird);
- l) Einzelheiten zur Konditionierung;
- m) Datum der Prüfung;
- n) Prüfergebnisse, dargestellt in Übereinstimmung mit Abschnitt 9, einschließlich Angabe des Verfahrens zur Berechnung der Rauchentwicklungsrate (A.6.1.2);
- o) Photos in Übereinstimmung mit 5.3.3;
- p) während der Prüfung gemachte Beobachtungen;
- q) die folgende Aussage: „Die Prüfergebnisse beziehen sich auf das Brandverhalten von Proben eines Bauprodukts unter den besonderen Bedingungen der Prüfung; sie stellen nicht das einzige Kriterium zur Bewertung des potentiellen Brandrisikos des Bauprodukts in der praktischen Anwendung dar“.

Anhang A (normativ)

Berechnungsverfahren

A.1 Allgemeines

A.1.1 Allgemeine Anmerkungen

A.1.1.1 Allgemeines

Der Ablauf der Prüfung wird in Abschnitt 8 beschrieben. Einige Informationen werden hier aus praktischen Gründen wiederholt.

a) Wichtige Ereignisse während dieses Ablaufs sind:

- 1) $t = 0$ s: Beginn der Datenerfassung;
- 2) $t = (120 \pm 5)$ s: Zünden des Nebenzünders;
- 3) $t = (300 \pm 5)$ s: Umschalten vom Neben- auf Hauptbrenner;
- 4) $t \geq 1\,560$ s: Abstellen des Hauptbrenners und Beenden der Datenerfassung.

b) Das Brandverhalten der Proben wird während der ersten 1 200 s ($300 \text{ s} \leq t \leq 1\,500 \text{ s}$), in denen die Proben den Flammen des Hauptbrenners ausgesetzt sind, bewertet. Dieser Zeitabschnitt wird als Beanspruchungsdauer bezeichnet.

c) Aufgrund der Verwendung von über die Zeit gemittelten Größen, tolerierten Ungenauigkeiten und Verzugszeiten werden für maximal weitere 60 s unter Flammenbeanspruchungsbedingungen Daten benötigt (nach $t = 1\,500$ s).

d) Das Zeitintervall $210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$ wird zur Messung der Wärmefreisetzung und Rauchentwicklung des Brenners verwendet. Dieses Intervall wird als Grundlinien-Zeit bezeichnet. Nach $t = 300$ s wird die mittlere Wärmefreisetzung und Rauchentwicklung des Brenners während der Grundlinien-Zeit von der gesamten Wärmefreisetzung und Rauchentwicklung von Brenner plus Probe abgezogen, um so die Wärmefreisetzung und Rauchentwicklung der Probe allein zu erhalten.

Falls vom Auftraggeber gefordert, sollte ein alternatives Verfahren, das in der Anmerkung von A.6.1.2 definiert wird, zur Bestimmung des Beitrages des Hauptbrenners zur Rauchentwicklung verwendet werden.

e) Während der Dauer von 1 560 s werden die im Folgenden aufgeführten „Roh“-Daten alle 3 s aufgezeichnet: Gasdurchfluss, Druckdifferenz, Lichtschwächung, Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxid-Konzentrationen, Umgebungs- und Rauchgastemperaturen, all dies in Übereinstimmung mit 8.4.

A.1.1.2 Bezeichnungen

In diesem Anhang wird für über einen Zeitabschnitt gebildete Mittelwerte eine vereinfachte Bezeichnung verwendet:

$\bar{f}(t_1 \dots t_2)$ wird definiert als der Mittelwert von $f(t)$ über den Zeitabschnitt $t_1 \leq t \leq t_2$.

A.1.2 Berechnungen, die mit den Messdaten durchgeführt werden

Nach einem Versuch muss eine Reihe von Parametern zur Bewertung des Brandverhaltens des Bauproduktes berechnet werden. Alle Berechnungen in diesem Anhang, mit Ausnahme der Berechnungen in A.2, sind mit bezüglich der Zeit verschobenen Messdaten nach A.2 durchzuführen. Die folgenden Berechnungen sind durchzuführen:

- Synchronisierung der Messdaten;
- Berechnung der Geräte-Ansprechzeit;
- Berechnung der Beflammungsdauer;
- Berechnung von $HRR(t)$;
- Berechnung des zeitlichen Mittelwerts von $HRR(t)$: $HRR_{30s}(t)$;
- Berechnung von $THR(t)$ und THR_{600s} ;
- Berechnung von $FIGRA_{0,2MJ}$ und $FIGRA_{0,4MJ}$;
- Berechnung von $SPR(t)$;
- Berechnung des zeitlichen Mittelwerts von $SPR(t)$: $SPR_{60s}(t)$;
- Berechnung von $TSP(t)$ und TSP_{600s} ;
- Berechnung von $SMOGRA$.

Die Ergebnisse eines Versuchs sind nur dann gültig, wenn die Anforderungen von A.2 und A.3 erfüllt wurden. Die Berechnungen werden in A.2 bis A.6 beschrieben.

A.1.3 Berechnungen, die an den Kalibrierungsmesswerten durchgeführt werden

Das Kalibrierverfahren wird in Anhang C beschrieben. Die zu berechnenden Werte werden in A.7 beschrieben, falls diese noch nicht bereits als Bestandteil der Analyse der Norm-Versuchsdaten nach A.2 bis A.6 beschrieben wurden.

A.1.4 Norm-Messdatensatz

Da die Berechnungsmethoden komplex sind, kann ein Norm-Messdatensatz zur Überprüfung der Berechnungsschritte und der Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Software verwendet werden.

A.2 Anpassen von Messwerten

A.2.1 Anpassen von O_2 und CO_2 an T_{ms}

Aufgrund des Umschaltens vom Nebenbrenner auf den Hauptbrenner zeigen die wesentlichen Messgrößen einen kurzen Anstieg oder Abfall zum gleichen Zeitpunkt. Diese Anstiege oder Abfälle werden zur Anpassung der Messdaten verwendet. Es wird angenommen, dass dieses automatische Synchronisierungs-Vorgehen und/oder die gemessenen Verzugszeiten fehlerhaft sind, wenn das zeitliche Verschieben, das durch dieses automatische Synchronisierungs-Vorgehen berechnet wird, um mehr als 6 s von den Verzugszeiten der Analysegeräte, bestimmt nach dem Kalibrierverfahren nach C.2.1, abweicht.

- a) Verschiebe die Messdaten für O₂ und CO₂ um die bei der Kalibrierung nach C.2.1 gefundenen Verzugszeiten.
- b) Die Zeit t_{0_T} wird berechnet als die Zeit des letzten Messwertes, bevor die Temperatur im allgemeinen Messabschnitt $T_{ms}(t)$ nach $t = 270$ s um mehr als 2,5 K abgefallen ist, im Vergleich zu dem zeitlichen Mittelwert von T_{ms} während der Grundlinien-Zeit ($210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$).

$$\bar{T}_{ms}(210\text{s}..270 \text{ s}) - T_{ms}(t_{0_T}) \leq 2,5 \text{ K} \wedge \bar{T}_{ms}(210\text{s}..270 \text{ s}) - T_{ms}(t_{0_T} + 3) > 2,5 \text{ K} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

$T_{ms}(t)$ die Temperatur im allgemeinen Messabschnitt, berechnet nach A.3.2.

- c) Die Zeit t_{0_O2} wird berechnet als die Zeit des letzten Messwertes, bevor die Sauerstoffkonzentration nach $t = 270$ s um mehr als 0,05 % (500 ppm) angestiegen ist, im Vergleich zu dem zeitlichen Mittelwert während der Grundlinien-Zeit ($210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$):

$$xO_2(t_{0_O2}) - \bar{xO_2}(210 \text{ s}..270 \text{ s}) \leq 0,05 \% \wedge xO_2(t_{0_O2} + 3) - \bar{xO_2}(210 \text{ s}..270 \text{ s}) > 0,05 \% \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

xO_2 die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen.

- d) Die Zeit t_{0_CO2} wird berechnet als die Zeit des letzten Messwertes nach $t = 270$ s, bevor die Kohlenstoffdioxidkonzentration xCO_2 um mehr als 0,02 % (= 200 ppm) abfällt, bezogen auf den Mittelwert während der Grundlinien-Zeit ($210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$):

$$\bar{xCO_2}(210 \text{ s}..270 \text{ s}) - xCO_2(t_{0_CO2}) \leq 0,02 \% \wedge \bar{xCO_2}(210 \text{ s}..270 \text{ s}) - xCO_2(t_{0_CO2} + 3) > 0,02 \% \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist

xCO_2 die Kohlenstoffdioxidkonzentration in Mol-Anteilen.

- e) Die Messwerte für Sauerstoff und Kohlendioxid werden so verschoben, dass der O₂-Anstieg und der CO₂-Abfall zeitlich mit dem Absinken von T_{ms} (so dass $t_{0_T} = t_{0_O2} = t_{0_CO2}$) zusammenfallen. Die Intervalle, um die verschoben wird, dürfen nicht mehr als 6 s betragen.

$$xO_2(t) = xO_2(t - t_{0_T} + t_{0_O2}) \quad (\text{A.4})$$

Dabei ist

xO_2 die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen;

t_{0_O2} die Zeit wie unter c) angegeben;

t_{0_T} die Zeit wie unter b) angegeben.

Die gleiche Gleichung ist nach dem Ersetzen von O₂ durch CO₂ in der Gleichung für CO₂ gültig.

ANMERKUNG In einigen Fällen können die Kleinstwerte und Spitzenwerte aus dem hier beschriebenen Verfahren für die Angleichung zu klein sein. In diesen Fällen ist eine optische Einschätzung für t_{0_T} , t_{0_O2} und/oder t_{0_CO2} möglich.

A.2.2 Alle Messwerte sind nach $t = 300$ s zu verschieben.

Nach dem zeitlichen Angleichen von O_2 und CO_2 an T_{ms} werden die Messdaten zeitlich so verschoben, dass für alle Messwerte aus praktischen Gründen $t_0 = t_{0,T} = t_{0,O_2} = t_{0,CO_2} = 300$ s gilt. Das Intervall, um das verschoben wird, muss kleiner als 15 s sein.

ANMERKUNG Hier werden alle Daten (m_{gas} , Δp , I , xO_2 , xCO_2 , T_0 , T_1 , T_2 , T_3 und T_{ms}) zusammen zeitlich verschoben. In A.2.1 e) wurden die O_2 - und CO_2 -Daten zeitlich relativ zu den anderen Daten verschoben.

A.2.3 Alle Berechnungen in A.3 bis A.6 sind an nach diesem Abschnitt zeitlich verschobenen Daten durchzuführen.

A.3 Überprüfung der Geräte-Ansprechzeit

A.3.1 Temperaturmessungen

Die mit den im allgemeinen Messabschnitt angeordneten Thermoelementen 1, 2 und 3 gemessenen Temperaturen dürfen zu keiner Zeit in mehr als 10 Datenpunkten um mehr als 1 % vom Mittelwert $T_{ms} = (T_1 + T_2 + T_3)/3$ abweichen. Folgende Ausnahme ist möglich:

Wenn ein Thermoelement um mehr als 1 % von T_{ms} in mehr als 10 Datenpunkten abweicht und die zwei anderen Thermoelemente um nicht mehr als 1 % von ihrem Mittelwert in mehr als 10 Datenpunkten abweichen, muss dieses Thermoelement vollständig aus der Berechnung von T_{ms} herausgenommen werden. In anderen Fällen müssen alle Thermoelemente zur Berechnung von T_{ms} verwendet werden. Die Verwendung von nur zwei Thermoelementen ist im Prüfbericht anzugeben.

ANMERKUNG 1 Diese Anforderung dient zum Ausschluss von defekten Thermoelementen aus der Berechnung. Es wird davon ausgegangen, dass eine Abweichung um mehr als 1 % in nur wenigen Datenpunkten kein defektes Thermoelement bedeutet.

ANMERKUNG 2 Zum Beginn von Prüfungen oder Kalibrierungen sind zusätzliche Kriterien gegeben.

A.3.2 Drift in der Gaskonzentrationsmessung

Die Drift in den Messungen sowohl der xO_2 - als auch der xCO_2 -Gaskonzentrationen wird berechnet als die Differenz zwischen dem Anfangswert als $xO_2(30 \text{ s} \dots 90 \text{ s})$ beziehungsweise als $xCO_2(30 \text{ s} \dots 90 \text{ s})$ und dem Endwert, der sich aus optischer Ablesung nach mindestens 60 s, während keine Verbrennungsprodukte durch das Abzugsrohr gehen, ergibt.

Anforderungen:

$$|xO_{2_begin} - xO_{2_end}| \leq 0,02 \% \quad (A.5)$$

$$|xCO_{2_begin} - xCO_{2_end}| \leq 0,02 \% \quad (A.6)$$

Dabei ist

xO_2 die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen;

xCO_2 die Kohlenstoffdioxidkonzentration in Mol-Anteilen.

A.3.3 Drift in der Messung der Lichtschwächung

Die Drift in der Messung der Lichtschwächung I wird berechnet als die Differenz zwischen dem Anfangswert als $I(30 \text{ s} \dots 90 \text{ s})$ und dem Endwert, der sich aus optischer Ablesung nach mindestens 60 s, während keine Verbrennungsprodukte durch das Abzugsrohr gehen, ergibt.

Anforderung:

$$|I_{\text{begin}} - I_{\text{end}}|/I_{\text{begin}} \leq 0,02 \quad (\text{A.7})$$

Dabei ist

I das Signal vom Lichtempfänger, in %.

ANMERKUNG Ein wesentlicher Teil der Differenz zwischen Anfangs- und Endwert kann durch Rußablagerung auf den Linsen der Lichtmessstrecke hervorgerufen werden.

A.4 Beflammungsdauer

Die Probe wird durch die Flammen des Hauptbrenners von $t = t_0 = 300 \text{ s}$ bis zum Schließen der Propangaszufuhr t' beansprucht. Die Beanspruchungsdauer ist gleich $t' - t_0$.

Dieser Brennerstopp kann durch Bestimmung des Zeitpunkts t' überprüft werden, zu dem zum ersten Mal nach t_0 als auch zum darauffolgenden Messwert ($t' + 3 \text{ s}$) der Propangas-Massenstrom kleiner als 300 mg/s ist:

$$[m_{\text{gas}}(t' - 3) \geq 300 \text{ mg/s}] \wedge [m_{\text{gas}}(t') < 300 \text{ mg/s}] \wedge [m_{\text{gas}}(t' + 3) < 300 \text{ mg/s}] \quad (\text{A.8})$$

Dabei ist

$m_{\text{gas}}(t')$ der Propangas-Massenstrom, mg/s.

Anforderung: $t' - t_0 \geq 1\,245 \text{ s}$

A.5 Wärmefreisetzung

A.5.1 Berechnung der Wärmefreisetzungsrate (HRR)

A.5.1.1 Gesamte HRR von Probe und Brenner: HRR_{total}

a) Berechnung des Volumenstromes im Abzugssystem, bezogen auf 298 K, $V_{298}(t)$:

$$V_{298}(t) = cA \frac{k_t}{k_p} \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_{\text{ms}}(t)}} \quad (\text{A.9})$$

Dabei ist

$V_{298}(t)$ der Volumenstrom des Abzugssystems, bezogen auf 298 K, in m^3/s ;

$c = (2T_0/\rho_0)^{0,5} = 22,4 \text{ in } \text{K}^{0,5} \cdot \text{m}^{1,5} \cdot \text{kg}^{-0,5}$;

A die Querschnittsfläche des Abzugsrohrs am allgemeinen Messabschnitt, in m^2 ;

k_t der Strömungsprofilfaktor, bestimmt nach C.2.4;

k_p die Korrektur der Reynoldszahl für die hemisphärische Messsonde, hier mit 1,24 angesetzt;

$\Delta p(t)$ die Druckdifferenz, in Pa;

$T_{ms}(t)$ die Temperatur im allgemeinen Messabschnitt, in K.

b) Berechnung des Sauerstoffverbrauchs-Faktors:

$$\phi(t) = \frac{[\bar{x}O_2(30\text{ s} \dots 90\text{ s})(1 - xCO_2(t))] - [xO_2(t)(1 - \bar{x}CO_2(30\text{ s} \dots 90\text{ s}))]}{\bar{x}O_2(30\text{ s} \dots 90\text{ s})(1 - xO_2(t) - xCO_2(t))} \quad (A.10)$$

Dabei ist

$\phi(t)$ der Sauerstoffverbrauchs-Faktor;

$xO_2(t)$ die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen;

$xCO_2(t)$ die Kohlenstoffdioxidkonzentration in Mol-Anteilen;

$\bar{x}O_2(30\text{ s} \dots 90\text{ s})$ die mittlere Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen, gemessen zwischen 30 s und 90 s nach Beginn der Prüfung;

$\bar{x}CO_2(30\text{ s} \dots 90\text{ s})$ die mittlere Kohlenstoffdioxidkonzentration in Mol-Anteilen, gemessen zwischen 30 s und 90 s nach Beginn der Prüfung.

c) Berechnung: von x_{a,O_2} :

$$x_{a,O_2} = \bar{x}O_2(30\text{ s} \dots 90\text{ s}) \left[1 - \frac{H}{100p} \exp \left\{ 23,2 - \frac{3\,816}{\bar{T}_{ms}(30\text{ s} \dots 90\text{ s}) - 46} \right\} \right] \quad (A.11)$$

Dabei ist

x_{a,O_2} der Molanteil Sauerstoff in der Umgebungsluft einschließlich Wasserdampf;

$xO_2(t)$ die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen;

H ist die relative Luftfeuchte, in %;

p ist der Umgebungsluftdruck, in Pa;

$T_{ms}(t)$ ist die Temperatur im allgemeinen Messabschnitt, in K.

d) Berechnung von $HRR_{total}(t)$:

$$HRR_{total}(t) = EV_{298}(t)x_{a,O_2} \left(\frac{\phi(t)}{1 + 0,105\phi(t)} \right) \quad (A.12)$$

Dabei ist

$HRR_{total}(t)$ die Wärmefreisetzungsrate von Brenner und Proben, in kW;

E die Wärmefreisetzung je verbrauchtem Volumen Sauerstoff bei 298 K, gleich 17 200 in kJ/m³;

$V_{298}(t)$ der Volumenstrom des Abzugssystems, bezogen auf 298 K, in m³/s;

x_{a,O_2} der Molanteil Sauerstoff in der Umgebungsluft einschließlich Wasserdampf;

$\phi(t)$ der Sauerstoffverbrauchs-Faktor.

A.5.1.2 HRR des Brenners

$HRR_{\text{burner}}(t)$ ist gleich $HRR_{\text{total}}(t)$ während der Grundlinien-Zeit. Die mittlere HRR des Brenners wird als mittlere $HRR_{\text{total}}(t)$ während der Grundlinien-Zeit ($210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$) berechnet:

$$HRR_{\text{av_burner}} = \overline{HRR}_{\text{total}}(210 \text{ s} \dots 270 \text{ s}) \quad (\text{A.13})$$

Dabei ist

$HRR_{\text{av_burner}}$ die mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners, in kW;

$HRR_{\text{total}}(t)$ die gesamte Wärmefreisetzungsrate von Proben und Brenner zusammen, in kW.

Die Standardabweichung von HRR_{burner} , σ_{bh} während der Dauer von $210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$ wird wie folgt berechnet, wobei zur Ermittlung der Standardabweichung der „Schätzwert der Standardabweichung“ oder „ $n - 1$ “-Verfahren benutzt wird:

$$\sigma_{\text{bh}} = \sqrt{\frac{n \sum_{t=210 \text{ s}}^{270 \text{ s}} \{HRR_{\text{burner}}(t)\}^2 - \left\{ \sum_{t=210 \text{ s}}^{270 \text{ s}} HRR_{\text{burner}}(t) \right\}^2}{n(n-1)}} \quad (\text{A.14})$$

Dabei ist

$HRR_{\text{av_burner}}$ die mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners, in kW;

$HRR_{\text{burner}}(t)$ die Wärmefreisetzungsrate des Brenners, in kW;

n die Anzahl der Datenpunkte ($n = 21$).

Das Niveau und die Stabilität des Brenners während der Grundlinien-Zeit muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

Anforderungen:

$$HRR_{\text{av_burner}} = (30,7 \pm 2,0) \text{ kW} \quad (\text{A.15})$$

und

$$\sigma_{\text{bh}} < 1 \text{ kW} \quad (\text{A.16})$$

Dabei ist

$HRR_{\text{av_burner}}$ die mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners, in kW;

σ_{bh} die Standardabweichung von HRR_{burner} während einer Dauer von $210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$.

Das Verhältnis von Kohlendioxid-Produktion und Sauerstoff-Verbrauch während der Grundlinien-Periode ($210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$; nur Verbrennung von Propangas) kann für die Überprüfung der Gasanalyse vor dem Umschalten des Brenners verwendet werden. Das Verhältnis sollte $0,60 \pm 0,05$ betragen.

A.5.1.3 HRR der Proben

Im Allgemeinen wird die Wärmefreisetzungsrate der Proben aus der Differenz von der gesamten Wärmefreisetzungsrate $HRR_{\text{total}}(t)$ und der mittleren Wärmefreisetzungsrate des Brenners $HRR_{\text{av_burner}}$ bestimmt.

Für $t > 312 \text{ s}$:

$$HRR(t) = HRR_{\text{total}}(t) - HRR_{\text{av_burner}} \quad (\text{A.17})$$

Dabei ist

$HRR(t)$ die Wärmefreisetzungsrate der Proben, in kW;

$HRR_{\text{total}}(t)$ die Wärmefreisetzungsrate von Proben und Brenner zusammen, in kW;

$HRR_{\text{av_burner}}$ die mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners, in kW.

Während des Umschaltens vom Nebenbrenner auf den Hauptbrenner zu Beginn der Beflammungsdauer ist die gesamte Wärmefreisetzungsrate der beiden Brenner kleiner als $HRR_{\text{av_burner}}$. Gleichung (A.17) führt dann zu negativen Werten für $HRR(t)$ für nicht mehr als 12 s (Brennerumschaltungs-Ansprechzeit). Diese negativen Werte und der Wert für $t = 0$ werden wie folgt auf null gesetzt:

Für $t = 300$ s:

$$HRR(300) = 0 \text{ kW} \quad (\text{A.18})$$

Für $300 \text{ s} \leq t \leq 312 \text{ s}$:

$$HRR(t) = \max. \{0, \dots, kW, \dots, HRR_{\text{total}}(t) - HRR_{\text{av_burner}}\} \quad (\text{A.19})$$

Dabei ist

$HRR(t)$ die Wärmefreisetzungsrate der Proben, in kW;

$HRR_{\text{total}}(t)$ die Wärmefreisetzungsrate von Proben und Brenner zusammen, in kW;

$HRR_{\text{av_burner}}$ die mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners, in kW;

$\max. [a, b]$ der Höchstwert der zwei Größen a und b .

A.5.1.4 Berechnung von HRR_{30s}

$HRR_{30s}(t)$ ist der über 30 s gemittelte Wert von $HRR(t)$.

$$HRR_{30s}(t) = \frac{0,5HRR(t-15) + HRR(t-12) + \dots + HRR(t+12) + 0,5HRR(t+15)}{10} \quad (\text{A.20})$$

Dabei ist

$HRR_{30s}(t)$ die Mittelwert von $HRR(t)$ über eine Dauer von 30 s, in kW;

$HRR(t)$ die Wärmefreisetzungsrate zur Zeit t , in kW.

A.5.2 Berechnung von $THR(t)$ und THR_{600s}

Die gesamte Wärmefreisetzungsrate der Proben $THR(t)$ und die gesamte Wärmefreisetzungsrate der Proben in den ersten 600 s der Beanspruchungsdauer ($300 \text{ s} \leq t \leq 900 \text{ s}$), THR_{600s} , werden berechnet zu:

$$THR(t_a) = \frac{3}{1000} \sum_{300s}^{t_a} (\max. [HRR(t), 0]) \quad (\text{A.21})$$

$$THR_{600s} = \frac{3}{1000} \sum_{300s}^{900s} (\max. [HRR(t), 0]) \quad (\text{A.22})$$

Dabei ist

- $THR(t_a)$ die gesamte freigesetzte Wärme der Proben für $300\text{ s} \leq t \leq t_a$, in MJ;
- $HRR(t)$ die Wärmefreisetzungsrate der Proben, in kW;
- $THR_{600\text{s}}$ die gesamte freigesetzte Wärme der Proben während der Dauer von $300\text{ s} \leq t \leq 900\text{ s}$, in MJ;
- $\max. [a, b]$ der Höchstwert der zwei Größen a und b .

ANMERKUNG Der Faktor 3 wird benutzt, da nur ein Datenpunkt alle drei Sekunden ermittelt wird.

A.5.3 Berechnung von $FIGRA_{0,2\text{MJ}}$ und $FIGRA_{0,4\text{MJ}}$ (Fire Growth Rate Werte)

$FIGRA$ ist definiert als das Maximum des Quotienten $HRR_{av}(t)/(t - 300\text{ s})$, multipliziert mit dem Faktor 1 000. Der Quotient wird nur für den Teil der Beflammungsdauer berechnet, für den die Schwellenwerte für HRR_{av} und THR überschritten worden sind. Wird einer oder beide Schwellenwerte während der Beanspruchungsdauer nicht erreicht, ist dieser $FIGRA$ -Wert gleich null zu setzen. Es werden zwei THR -Schwellenwerte verwendet, was zu $FIGRA_{0,2\text{MJ}}$ und $FIGRA_{0,4\text{MJ}}$ führt.

- a) Der Mittelwert von HRR , HRR_{av} , der zur Berechnung von $FIGRA$ verwendet wird, entspricht $HRR_{30\text{s}}$ nach A.5.1.4 mit Ausnahme der ersten 12 s der Beanspruchungsdauer. Für Messwerte in den ersten 12 s wird der Mittelwert nur über den weitesten möglichen symmetrischen Bereich von Messpunkten innerhalb der Beanspruchungsdauer ermittelt:

- 1) Für $t = 300\text{ s}$: $HRR_{av}(300\text{ s}) = 0$;
- 2) Für $t = 303\text{ s}$: $HRR_{av}(303\text{ s}) = \overline{HRR}(300\text{ s} \dots 306\text{ s})$;
- 3) Für $t = 306\text{ s}$: $HRR_{av}(306\text{ s}) = \overline{HRR}(300\text{ s} \dots 312\text{ s})$;
- 4) Für $t = 309\text{ s}$: $HRR_{av}(309\text{ s}) = \overline{HRR}(300\text{ s} \dots 318\text{ s})$;
- 5) Für $t = 312\text{ s}$: $HRR_{av}(312\text{ s}) = \overline{HRR}(300\text{ s} \dots 324\text{ s})$;
- 6) Für $t \geq 315\text{ s}$: $HRR_{av}(t) = HRR_{30\text{s}}(t)$. (A.23)

- b) Berechne $FIGRA_{0,2\text{MJ}}$ für alle Zeiten t mit:

$(HRR_{av}(t) > 3\text{ kW})$ und $(THR(t) > 0,2\text{ MJ})$ und $(300\text{ s} < t \leq 1\,500\text{ s})$;

und berechne $FIGRA_{0,4\text{MJ}}$ für alle Zeiten t mit:

$(HRR_{av}(t) > 3\text{ kW})$ und $(THR(t) > 0,4\text{ MJ})$ und $(300\text{ s} < t \leq 1\,500\text{ s})$;

unter Verwendung von

$$FIGRA = 1\,000 \times \max. \left(\frac{HRR_{av}(t)}{t - 300} \right) \quad (\text{A.24})$$

Dabei ist

- $FIGRA$ der Feuerwachstumswert, in W/s;
- $HRR_{av}(t)$ der Mittelwert von $HRR(t)$ wie in a) angegeben, in kW;
- $\max. [a(t)]$ das Maximum von $a(t)$ während der gegebenen Zeit.

ANMERKUNG Als Folge haben Proben mit HRR_{av} -Werten von nicht mehr als 3 kW während der gesamten Prüfdauer oder einem THR von nicht mehr als 0,2 MJ während der gesamten Prüfdauer einen $FIGRA_{0,2MJ}$ -Wert von null. Proben mit HRR_{av} -Werten von nicht mehr als 3 kW während der gesamten Prüfdauer oder einem THR von nicht mehr als 0,4 MJ während der gesamten Prüfdauer haben einen $FIGRA_{0,4MJ}$ -Wert von null.

A.6 Rauchentwicklung

A.6.1 Berechnung der Rauchentwicklungsrate SPR

A.6.1.1 Gesamte SPR von Proben und Brenner: SPR_{total}

a) Berechnung von $V(t)$:

$$V(t) = V_{298}(t) \frac{T_{ms}(t)}{298} \quad (A.25)$$

Dabei ist

$V(t)$ der Volumenstrom des Abzugssystems, in m^3/s ;

$V_{298}(t)$ der Volumenstrom des Abzugssystems, bezogen auf 298 K, in m^3/s ;

$T_{ms}(t)$ die Temperatur im allgemeinen Messabschnitt, in K.

b) Berechnung von $SPR_{total}(t)$

$$SPR_{total}(t) = \frac{V(t)}{L} \ln \left[\frac{T(30\text{ s} \dots 90\text{ s})}{I(t)} \right] \quad (A.26)$$

Dabei ist

$SPR_{total}(t)$ die gesamte Rauchentwicklungsrate von Proben und Brenner, in m^2/s ;

$V(t)$ der (nicht auf den Normalzustand bezogene) Volumenstrom des Abzugssystems, in m^3/s ;

L die Länge des Lichtwegs durch das Rohr, in m, und wird als Durchmesser des Rohrs gesetzt;

$I(t)$ ist das Signal vom Lichtempfänger, in Prozent.

Für die Berechnung ist $I(t) = \text{MAX}[10e-9, I(t)]$ zu setzen, um mögliche Fehler durch eine Division durch null zu vermeiden.

A.6.1.2 SPR des Brenners

Es wurde beobachtet, dass der Nebenzbrenner weniger Rauch erzeugt als der Hauptbrenner. Um sicherzustellen, dass die Leistungsstufe des Brenners nicht zur Rauchklassifikation des Produktes beiträgt, wird der Beitrag des Brenners vom Brenner selbst abgeleitet. Das – obligatorische – Verfahren ist nachstehend beschrieben und dessen Ergebnisse gelten ausschließlich für Prüfungen, die am selben Tag durchgeführt werden:

- Es werden saubere Trägerplatten aus Calciumsilikat direkt auf den Probenträgerwagen aufgestellt, um eine Ecke zu bilden.
- Der Probenträgerwagen wird in den Prüfraum geschoben und eine übliche Prüfung, in der die Brenner und die Messwerterfassung wie gewohnt betrieben werden, durchgeführt.
- Die Prüfung darf nach 600 s jederzeit beendet werden.

Die mittlere SPR des Brenners wird als der Mittelwert von $SPR_{total}(t)$ während der Zeit ($390\text{ s} \leq t \leq 450\text{ s}$) berechnet:

$$SPR_{av_burner} = SPR_{total}(390\text{ s} \dots 450\text{ s}) \quad (\text{A.27})$$

Dabei ist

$SPR_{total}(t)$ die Gesamt-Rauchentwicklungsrate von Proben und Brenner, in m^2/s ;
 SPR_{av_burner} die mittlere Rauchentwicklungsrate des Brenners, in m^2/s .

Die Standardabweichung von $SPR_{burner}(t)$, σ_{bs} , während der Dauer von $390\text{ s} \leq t \leq 450\text{ s}$ wird wie folgt berechnet, wobei zur Ermittlung der Standardabweichung der „Schätzwert der Standardabweichung“ oder das „ $n - 1$ “-Verfahren benutzt wird:

$$\sigma_{bs} = \sqrt{\frac{n \sum_{t=210\text{ s}}^{270\text{ s}} \{SPR_{burner}(t)\}^2 - \left\{ \sum_{t=210\text{ s}}^{270\text{ s}} SPR_{burner}(t) \right\}^2}{n(n-1)}} \quad (\text{A.28})$$

Dabei ist

SPR_{av_burner} die mittlere Rauchentwicklungsrate des Brenners, in m^2/s ;
 $SPR_{burner}(t)$ die Rauchentwicklungsrate des Brenners, in m^2/s ;
 n die Anzahl an Messwerten ($n = 21$).

Das Niveau und die Stabilität des Brenners während der Grundlinien-Zeit müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

Anforderungen:

$$SPR_{av_burner} = (0 \pm 0,2) \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{A.29})$$

und

$$\sigma_{bs} < 0,01 \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{A.30})$$

Dabei ist

SPR_{av_burner} die mittlere Rauchentwicklungsrate des Brenners, in m^2/s ;
 σ_{bs} die Standardabweichung von $SPR_{burner}(t)$ während einer Dauer von $390\text{ s} \leq t \leq 450\text{ s}$.

A.6.1.3 SPR der Proben

Im Allgemeinen entspricht die SPR der Proben der gesamten Rauchentwicklungsrate $SPR_{total}(t)$, vermindert um die mittlere SPR des Brenners, SPR_{av_burner} .

Für $t > 312\text{ s}$:

$$SPR(t) = SPR_{total}(t) - SPR_{av_burner} \quad (\text{A.31})$$

Dabei ist

$SPR_{total}(t)$ die Rauchentwicklungsrate von Proben und Brenner, in m^2/s ;
 SPR_{av_burner} die mittlere Rauchentwicklungsrate des Brenners, in m^2/s ;
 $SPR(t)$ die Rauchentwicklungsrate der Proben, in m^2/s .

Während des Umschaltens vom Nebenbrenner auf den Hauptbrenner zu Beginn der Beflammungsdauer kann die gesamte Rauchentwicklung der beiden Brenner kleiner als SPR_{av_burner} sein. Gleichung (A.31) führt dann für einige Sekunden zu negativen Werten für $SPR(t)$. Solche negativen Werte und der Wert für $t = 0$ werden auf null gesetzt:

Für $t = 300$ s:

$$SPR(300) = 0 \text{ m}^2/\text{s}$$

Für $300 \text{ s} \leq t \leq 312$ s:

$$SPR(t) = \max.[0, (SPR_{total}(t) - SPR_{av_burner})] \quad (\text{A.32})$$

Dabei ist

$SPR_{total}(t)$ die Rauchentwicklungsrate von Proben und Brenner zusammen, in m^2/s ;

SPR_{av_burner} die mittlere Rauchentwicklungsrate des Brenners, in m^2/s ;

$SPR(t)$ ist die Rauchentwicklungsrate der Proben, in m^2/s ;

$\max.[a, b]$ ist der Höchstwert der zwei Größen a und b .

ANMERKUNG Die Rauchentwicklung der Brennerflammen ändert sich mit großer Wahrscheinlichkeit, sobald die Proben beginnen, brennbare flüchtige Bestandteile zu bilden. Die Grundlinie der Rauchentwicklung wird dennoch als erste Annäherung mit akzeptabler Genauigkeit verwendet, besonders zu Beginn der Beflammung, wo das Grundlinien-Niveau wichtig für die *SMOGRA*-Berechnung ist.

A.6.1.4 Berechnung von SPR_{60s}

$SPR_{60s}(t)$ ist der Mittelwert von $SPR(t)$ über 60 s.

$$SPR_{60s}(t) = \frac{\{0,5SPR(t-30 \text{ s}) + SPR(t-27 \text{ s}) + \dots + SPR(t+27 \text{ s}) + 0,5SPR(t+30 \text{ s})\}}{20} \quad (\text{A.33})$$

Dabei ist

$SPR_{60s}(t)$ der Mittelwert von $SPR(t)$ über 60 s, in m^2/s ;

$SPR(t)$ die Rauchentwicklungsrate der Proben, in m^2/s .

A.6.2 Berechnung von $TSP(t)$ und TSP_{600s}

Die gesamte Rauchentwicklung der Proben $TSP(t)$ und die gesamte Rauchentwicklung der Proben während der ersten 600 s der Beflammung ($300 \text{ s} \leq t \leq 900 \text{ s}$), TSP_{600s} , werden wie folgt berechnet:

$$TSP(t_a) = 3 \sum_{300s}^{t_a} (\max.[SPR(t), 0]) \quad (\text{A.34})$$

$$TSP_{600s} = 3 \sum_{300s}^{900s} (\max.[SPR(t), 0]) \quad (\text{A.35})$$

Dabei ist

$TSP(t_a)$ die gesamte Rauchentwicklung der Proben während der Dauer von $300 \text{ s} \leq t \leq t_a$, in m^2 ;

$SPR(t)$ die Rauchentwicklungsrate der Proben, in m^2/s ;

TSP_{600s} die gesamte Rauchentwicklung der Proben während $300 \text{ s} \leq t \leq 900 \text{ s}$, in m^2 ; [gleich $TSP(900)$];

$\max. [a, b]$ der Höchstwert der zwei Größen a und b .

ANMERKUNG Der Faktor 3 wird benutzt, da nur ein Datenpunkt alle drei Sekunden ermittelt wird.

A.6.3 Berechnung von SMOGRA (SMOke Growth Rate index)

SMOGRA wird definiert als das Maximum des Quotienten aus $SPR_{av}(t)/(t - 300 \text{ s})$, multipliziert mit dem Faktor 10 000. Der Quotient wird nur für den Abschnitt der Beflammungsdauer berechnet, in dem die Schwellenwerte für SPR_{av} und TSP überschritten wurden. Wenn ein oder beide Schwellenwert(e) nicht während der Beflammungsdauer überschritten werden, ist SMOGRA gleich null zu setzen.

a) Der SPR_{av} -Wert, der für die Berechnung von SMOGRA verwendet wird, ist gleich SPR_{60s} nach A.6.1.4 mit der Ausnahme der ersten 27 s der Beflammungsdauer. Für die Messwerte in den ersten 27 s wird der Mittelwert nur über den weitesten möglichen symmetrischen Bereich von Messwerten innerhalb der Beflammungsdauer verwendet:

- 1) Für $t = 300 \text{ s}$: $SPR_{av}(300 \text{ s}) = 0 \text{ m}^2/\text{s}$;
- 2) Für $t = 303 \text{ s}$: $SPR_{av}(303 \text{ s}) = \overline{SPR}(300 \text{ s} \dots 306 \text{ s})$;
- 3) Für $t = 306 \text{ s}$: $SPR_{av}(306 \text{ s}) = \overline{SPR}(300 \text{ s} \dots 312 \text{ s})$;

usw., bis

- 4) Für $t = 327 \text{ s}$: $SPR_{av}(327 \text{ s}) = \overline{SPR}(300 \text{ s} \dots 354 \text{ s})$;

- 5) Für $t \geq 330 \text{ s}$: $SPR_{av}(t) = SPR_{60s}(t)$. (A.36)

b) Berechne SMOGRA für alle t mit:

$(SPR_{av}(t) > 0,1 \text{ m}^2/\text{s})$ und $(TSP(t) > 6 \text{ m}^2)$ und $(300 \text{ s} < t \leq 1\,500 \text{ s})$

$$SMOGRA = 10\,000 \times \max. \left(\frac{SPR_{av}(t)}{t - 300} \right) \quad (A.37)$$

Dabei ist

SMOGRA die Rauchentwicklungsrate, in m^2/s^2 ;

$SPR_{av}(t)$ der Mittelwert von $SPR(t)$ wie in a) angegeben, in m^2/s .

$\max. [a(t)]$ das Maximum von $a(t)$ während der gegebenen Zeit.

ANMERKUNG 1 Als Folge haben Proben mit SPR_{av} -Werten von nicht mehr als $0,1 \text{ m}^2/\text{s}$ während der gesamten Prüfdauer oder einem TSP von nicht mehr als 6 m^2 während der gesamten Prüfdauer einen SMOGRA-Wert von null.

ANMERKUNG 2 Ein SMOGRA-Wert in m^2/s^2 hat keine direkte physikalische Bedeutung, da die Berechnung einen Multiplikationsfaktor von 10 000 enthält.

A.7 Berechnungen für die Kalibrierungen — Wärmefreisetzung durch Propangas

A.7.1 Die theoretische Wärmefreisetzung des Propangas-Massenstroms wird berechnet nach:

$$q_{\text{gas}}(t) = \Delta h_{c, \text{eff}} m_{\text{gas}}(t) \quad (A.38)$$

Dabei ist

$q_{\text{gas}}(t)$ die Leistung des Propangas-Massenstroms, in kW;

$\Delta h_{c,eff}$ der untere Heizwert von Propan, der 46 360 kJ/kg ist;

$m_{gas}(t)$ der Propangas-Massenstrom, in kg/s.

A.7.2 Der über 30 s gemittelte Wert für $q_{gas}(t)$ wird berechnet nach:

$$q_{gas,30s}(t) = \frac{\{0,5 \cdot q_{gas}'(t-15') + q_{gas}'(t-12') + \dots + q_{gas}'(t+12') + 0,5 \cdot q_{gas}'(t+15')\}}{10} \quad (A.39)$$

Dabei ist

$q_{gas,30s}(t)$ der Mittelwert über 30 s von $q_{gas}(t)$, in kW;

$q_{gas}(t)$ die theoretische Wärmefreisetzungsrate des Propangas-Massenstroms, in kW.

Anhang B (informativ)

Präzision des Prüfverfahrens

B.1 Allgemeine Bemerkungen und Ergebnisse

Die Bestimmung der Präzision des Prüfverfahrens basiert auf den Ergebnissen der SBI-Rundversuche, die 1997 sowie 2015-2016 durchgeführt wurden. Am 1997 durchgeführten Rundversuch beteiligten sich 15 Laboratorien und es wurden 30 Produkte jeweils dreimal geprüft. Die 1997 im Rundversuch geprüften Produkte sind in Tabelle B.1 aufgeführt. Die 2015-2016 im Rundversuch geprüften Produkte – freundlicherweise von EGOLF zur Verfügung gestellt – sind in Tabelle B.2 angegeben.

Die statistische Analyse wurde nach ISO 5725-1 und ISO 5725-2 mit den stetigen Parametern ($FIGRA_{0,2MJ}$, $FIGRA_{0,4MJ}$, THR_{600s} , $SMOGRA$ und TSP_{600s}) durchgeführt. Für die „bestanden“-„nicht-bestanden“-Parameter wurde keine statistische Analyse durchgeführt.

Tabelle B.1 — Im SBI-Rundversuch geprüfte Produkte (1997)

Code	Produkt (Nur Produkte, die mit „FR“ bezeichnet sind, sind mit Flammenschutzmitteln behandelt)	Dicke mm	Rohdichte kg/m ³	Flächenbezogene Masse g/m ²
M01	Gipsplatte	13	700	
M02	FR-PVC	3	1 180	
M03	FR-XPS	40	32	
M04	Mit Alu/Papierfolie beschichtete PUR-Schaumstoff- platte	40	PUR: 40	
M05	Fichtenholz (Bauholz), lackiert	10	380	
M06	FR-Spanplatte	12	780	
M07	FR-PC-Platte, 3-lagig	16	175	
M08	Gestrichene Gipsplatte	13	700	Farbe: 145
M09	Tapete auf Gipsplatte	13	Gips.: 700	Papier: 200
M10	PVC-Wandteppich auf Gipsplatte	13	Gips.: 700	PVC: 1 500
M11	Kunststoffbeschichtetes Stahlblech auf Mineralwolle	0,15 + 1 + 50	Wolle: 160	
M12	Fichtenholz (Bauholz), nicht lackiert	10	450	
M13	Gipsplatte auf Polystyrolhartschaum	13 + 100	EPS: 20	
M14	Phenolharzschaum	40		
M15	Schaumschichtbildender Anstrich auf Spanplatte	12	700	Farbe: 500
M16	Melaminbeschichtete MDF-Platte	12	MDF: 750	Melamin: 120
M17	PVC-Wasserrohr	ø: 32; d: 2		
M18	PVC-beschichtete elektrische Kabel			
M19	Nichtkaschierte Steinwolle	50	145	
M20	Melaminbeschichtete Spanplatte	12	680	
M21	Stahlblech auf EPS	0,5 + 100	EPS: 20	
M22	Gewöhnliche Spanplatte	12	700	
M23	Gewöhnliches Sperrholz (Birke)	12	650	
M24	Tapete auf Spanplatte	12		Papier: 200
M25	MDF-Spanplatte (1)	12	700	
M26	Spanplatte mit geringer Rohdichte	12	250	
M27	Gipsplatte auf FR-PUR	13 + 87	PUR: 38	
M28	Gestrichene Mineralfaser-Akustikplatte	18	Wolle: 220	
M29	Textiltapete auf CaSi-Platte	10	CaSi: 875	Textil: 400
M30	Papierkaschierte Glaswolle	100	18	90

Tabelle B.2 — Im SBI-Rundversuch geprüfte Produkte (2015-2016)

Produkt	Dicke	Dichte	Flächenbezogene Masse	Einbau
Spanplatte ohne Brandschutzbehandlung	12 mm	680 kg/m ³	-	Ohne Fugen und Luftspalt
Tapete auf Gipsplatte				Ohne Fugen und Luftspalt
Gipsplatte	12,5 mm	700 kg/m ³	-	
Tapete	0,24 mm	-	160 g/m ²	
Tapetenkleber	-	-	250 g/m ²	

B.2 Berechnung der Versuchsergebnisse

Die stetigen Parameter wurden aus den Versuchsdaten berechnet unter Verwendung der in Anhang A dieser Norm aufgeführten Berechnungen. Da jedoch Teile der Prüfung und des Berechnungsverfahrens nach den Versuchsserien des Jahres 1997 verbessert wurden, erfüllt ein Teil der 1997er Versuchsdaten nicht die in Anhang A aufgeführten Anforderungen. Daher basieren die 1997 durchgeführten Berechnungen auf der in Anhang A beschriebenen Methode mit Ausnahme der in a) bis f) angegebenen Abweichungen. Diese Abweichungen ergeben einen größeren Satz an für die statistische Analyse verfügbaren Daten. Es ist anzunehmen, dass die Genauigkeit des Verfahrens auf Basis dieses größeren Datensatzes relativ pessimistisch ist:

- a) Überprüfung der Thermoelemente: Der Rundversuch wurde mit zwei zwingend vorgeschriebenen und unterschiedlichen Thermoelementen anstelle von drei Thermoelementen durchgeführt. Die Anforderung an diese zwei Thermoelemente war, dass die Abweichung von der mittleren Temperatur bei maximal 20 Datenpunkten höchstens 2 % betrug.
- b) Synchronisierung: Für Versuche, bei denen die Anforderungen an die Synchronisierung nicht erfüllt wurden, wurde diese fortgeführt bis zurzeit $t = 420$ s, mit reduzierten Grenzwerten bis zu einem Absinken von 1,5 K in der Temperatur, 0,03 % für den Anstieg an O₂ und 0,012 % für das Absinken von CO₂.
- c) Ansprechzeit der Brennerumschaltung: Nur Versuche mit einer bestimmenden FIGRA- oder SMOGRA-Zeit innerhalb der ersten Minute und einer Ansprechzeit für die Brennerumschaltung größer als 15 s wurden weggelassen.
- d) Rauchdichtemessung: Es wurden nur die Versuche weggelassen, bei denen das Lichtsignal auf weniger als 90 % zurückkehrte.
- e) Verschiedene Anforderungen: Die anderen Anforderungen für die Nichtberücksichtigung eines Versuchs wurden in dieser Analyse nicht verwendet, z. B. die Rückkehr der O₂- und CO₂-Werte auf den Anfangswert.
- f) Versuchsdauer: Aufgrund der kürzeren Versuchsdauer basierten die Berechnungen auf den Messwerten bis zur Zeit $t = 1\,470$ s.

Im 2015-2016 durchgeführten Rundversuch wurde das komplette genormte Verfahren eingehalten.

B.3 Statistische Analyse

Die Berechnung und die statistische Analyse basieren nur auf Algorithmen. Dies bedeutet, dass das Nichtberücksichtigen von Ausreißern auf der numerischen Methode nach ISO 5725-2:1994, 7.3.2, beruht. Cochran's Test wird maximal viermal wiederholt, wobei die Norm maximal zweimal empfiehlt. Bei der

vielfachen Wiederholung gab es noch einige Laboratorien, die für den *SMOGRA*-Wert nicht berücksichtigt wurden.

B.4 Statistische Ergebnisse

Die statistischen Mittelwerte (m) und Standardabweichungen für Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit (s_r und s_R) sind in Tabelle B.4 je Parameter für alle 30 geprüften Materialien aufgeführt.

Außerdem wurden die auf die Mittelwerte bezogenen Standardabweichungen (s_r/m und s_R/m) mit aufgenommen. Obwohl nach statistischen Gesichtspunkten nicht völlig gerechtfertigt, geben die Mittelwerte für s_r/m und s_R/m einen Hinweis auf die Genauigkeit des Prüfverfahrens. In Tabelle B.2 werden diese Mittelwerte dargestellt, mit Ausnahme der Werte für s_r/m und s_R/m , für die der Mittelwert sehr klein ist¹⁾.

In den Tabellen B.5 und B.6 sind die s_r/m und s_R/m -Werte für zwei Materialien angegeben. Die Ergebnisse wurden freundlicherweise von EGOLF, die den Rundversuch organisierte, zur Verfügung gestellt.

Tabelle B.3 — Mittlere relative Standardabweichungen (1997)

	<i>FIGRA</i> _{0,2MJ}	<i>FIGRA</i> _{0,4MJ}	<i>THR</i> _{600s}	<i>SMOGRA</i>	<i>TSP</i> _{600s}
Mittlere Werte (s_r / m)	14 %	15 %	11 %	15 %	18 %
Mittlere Werte (s_R / m)	23 %	25 %	21 %	40 %	44 %

1) Die nicht berücksichtigten Werte für s_r/m und s_R/m betragen 50 % oder weniger als 50 % des niedrigsten Grenzwertes für die Klassifizierung nach den Euroklassen A2-E (d. h. $FIGRA_{0,2MJ} \leq 60$ W/s, $THR_{600s} \leq 3,75$ MJ, $SMOGRA \leq 15$ m²/s² und $TSP_{600s} \leq 25$ m²).

Tabelle B.4 — Statistische Ergebnisse (1997)

FIGRA _{0,2MJ} [W/s]																														
	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20	M 21	M 22	M 23	M 24	M 25	M 26	M 27	M 28	M 29	M 30
Anzahl der Labore	14	14	15	14	13	14	14	14	15	13	15	14	12	15	15	15	14	14	10	14	12	14	14	13	12	13	15	10	13	14
Mittelwert (m)	21	81	1375	1869	681	25	1028	16	202	380	78	440	9	82	16	601	92	435	1	381	21	404	399	479	436	1103	17	0	162	4073
Anzahl der Prüfungen	41	40	41	41	38	42	40	39	40	38	44	41	35	45	45	42	40	39	30	39	30	40	42	39	36	35	38	29	38	42
s _T	19	14	174	229	64	3	474	17	28	34	24	47	18	14	14	66	14	42	1	30	17	26	38	40	24	93	16	0	22	456
s _R	23	20	753	229	96	11	963	20	30	51	27	79	20	22	14	83	20	133	2	50	26	49	58	58	35	196	19	0	29	679
s _T /m	89	18	13	12	9	14	46	102	14	9	30	11	210	17	84	11	16	10	200	8	84	7	10	8	6	8	92		13	11
s _R /m	106	25	55	12	14	43	94	122	15	13	35	18	228	27	84	14	22	31	269	13	127	12	14	12	8	18	108		18	17

FIGRA _{0,4MJ} [W/s]																														
	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20	M 21	M 22	M 23	M 24	M 25	M 26	M 27	M 28	M 29	M 30
Anzahl der Labore	13	14	15	14	13	14	14	14	15	13	13	14	8	14	15	15	14	14	14	14	11	14	14	13	12	13	15	13	14	13
Mittelwert (m)	8	73	1375	1869	681	21	1027	6	154	374	33	440	0	49	14	601	92	435	3	381	11	404	399	479	436	1103	6	1	108	3923
Anzahl der Prüfungen	38	40	41	41	38	42	40	38	43	38	38	41	23	42	45	42	40	39	42	39	27	40	42	39	36	35	38	37	40	39
s _I	9	12	174	229	64	3	475	7	31	36	11	47	0	8	7	66	15	42	4	30	13	26	38	40	24	93	5	4	34	309
s _R	12	21	753	229	96	9	964	9	34	53	11	79	0	13	7	83	21	133	6	50	17	49	58	58	35	196	7	4	39	630
s _I /m	121	17	13	12	9	16	46	110	20	9	33	11		16	52	11	16	10	134	8	115	7	10	8	6	8	81	439	32	8
s _R /m	148	29	55	12	14	43	94	143	22	14	33	18		26	54	14	23	31	181	13	152	12	14	12	8	18	114	439	36	16

Tabelle B.4 — Statistische Ergebnisse (fortgesetzt)

THR _{600S} MJ																														
	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20	M 21	M 22	M 23	M 24	M 25	M 26	M 27	M 28	M 29	M 30
Anzahl der Labore	15	14	15	13	14	15	14	14	15	14	15	13	14	15	15	5	14	13	15	14	13	13	15	12	12	12	15	15	13	14
Mittelwert (m)	1,0	5,9	40,5	28,6	15,1	2,3	17,2	0,8	1,4	6,5	1,2	15,7	0,8	3,2	1,9	24,0	9,4	45,4	0,7	20,1	1,3	26,9	21,7	26,7	33,4	39,7	0,7	0,7	1,9	6,7
Anzahl der Prüfungen	44	41	42	38	42	45	41	42	44	41	45	39	41	45	45	43	41	36	45	39	36	37	45	36	36	34	43	43	37	42
s _r	0	2	7	1	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	1	2	3	2	0	2	2	1	2	1	1	3	1	0	0	1
s _R	1	2	17	4	2	1	12	0	0	1	1	2	1	1	1	2	4	10	1	2	2	2	4	2	2	5	1	0	0	1
s _r /m	38	35	18	5	9	10	19	33	27	7	36	8	51	9	50	7	35	5	58	10	151	4	9	5	4	7	72	38	22	8
s _R /m	61	35	41	13	11	33	70	51	34	17	48	13	69	17	58	9	39	23	95	11	151	8	18	7	6	13	72	47	22	13

SMOGRa m ² /s ²																														
	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20	M 21	M 22	M 23	M 24	M 25	M 26	M 27	M 28	M 29	M 30
Anzahl der Labore	10	12	9	11	11	13	11	10	12	13	11	14	9	11	9	12	11	6	11	9	12	11	12	8	8	9	12	10	8	14
Mittelwert (m)	0	120	216	212	2	12	167	0	0	114	67	3	0	1	1	1	224	109	0	2	5	3	1	2	1	9	0	0	0	3
Anzahl der Prüfungen	28	31	22	29	28	36	28	29	34	36	31	37	25	31	27	27	27	14	33	26	27	25	36	17	20	21	35	29	22	41
s _r	0	17	21	26	1	1	58	0	0	14	6	1	0	0	1	1	21	17	0	0	2	1	1	0	1	6	0	0	0	3
s _R	0	32	80	36	2	5	169	0	0	37	19	2	1	1	1	1	56	61	0	2	5	2	1	2	1	7	1	0	0	6
s _r /m		14	10	12	38	10	35	272	198	12	9	31	10	46	86	73	9	16		14	36	42	80	10	72	68	79			108
s _R /m		27	37	17	90	38	101	381	249	32	29	72	360	143	153	118	25	56		54	102	63	110	97	102	71	131			155

Tabelle B.4 — Statistische Ergebnisse (abgeschlossen)

TSP _{600s} m ²																														
	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20	M 21	M 22	M 23	M 24	M 25	M 26	M 27	M 28	M 29	M 30
Anzahl der Labore	14	12	9	11	12	12	11	14	15	15	11	14	13	13	14	12	12	6	12	11	12	10	12	8	9	9	13	15	12	14
Mittelwert (m)	29	937	1057	410	45	101	531	29	30	164	108	47	34	43	55	24	1629	458	26	39	44	29	19	18	20	79	30	31	31	43
Anzahl der Prüfungen	40	32	23	29	30	34	29	41	44	42	31	38	34	37	41	27	29	14	36	31	26	22	36	19	22	21	38	44	34	41
s _r	3	136	208	38	8	5	94	5	5	16	13	10	8	6	5	7	289	49	3	8	11	8	4	7	10	39	5	7	6	10
s _R	12	198	474	60	22	28	412	17	16	47	33	22	22	22	24	16	391	122	10	17	20	19	12	18	15	57	12	12	15	22
s _r /m	12	17	20	9	18	5	18	17	17	10	12	20	22	14	10	30	18	11	13	20	25	27	23	36	48	49	17	22	20	24
s _R /m	41	21	45	15	50	28	78	59	53	28	30	46	64	52	44	68	24	27	38	42	45	65	66	99	77	71	41	37	47	51

Tabelle B.5 — Statistische Ergebnisse aus Prüfungen an Spanplatten (2015–2016)

	Anzahl der Labore	Anzahl der Prüfungen	Mittelwert, allgemein m	Wiederholpräzision		Vergleichpräzision	
				Standard-abweichung s_r	s_r/m	Standard-abweichung s_R	s_R/m
FIGRA_{0,2}	29	86	405	27	7 %	52	13 %
FIGRA_{0,4}	29	86	405	27	7 %	52	13 %
THR_{600s}	29	86	21,9	1,2	5 %	2,4	11 %
SMOGRA	27	80	4	1	28 %	2	51 %
TSP_{600s}	27	80	49	7	15 %	18	35 %

Tabelle B.6 — Statistische Ergebnisse aus Prüfungen an Tapete auf Gipsplatte (2015–2016)

	Anzahl der Labore	Anzahl der Prüfungen	Mittelwert, allgemein, m	Wiederholpräzision		Vergleichpräzision	
				Standard-abweichung s_r	s_r/m	Standard-abweichung s_R	s_R/m
FIGRA_{0,2}	29	86	101	12	12 %	22	21 %
FIGRA_{0,4}	29	86	57	15	26 %	24	43 %
THR_{600s}	27	80	1,3	0,2	14 %	0,3	25 %
SMOGRA	26	77	0,2	0,2	89 %	1,0	512 %
TSP_{600s}	27	80	26	3	10 %	12	46 %

Anhang C (normativ)

Kalibrierverfahren

C.1 Verfahren für einzelne Geräte

C.1.1 Allgemeines

Geräte sind nach den Anweisungen des Herstellers zu warten und zu kalibrieren.

Gaskonzentrationen in Prozent werden durch $100 V_{O_2} / V_{Luft}$ bzw. $100 V_{CO_2} / V_{Luft}$ dargestellt.

Dabei ist V_{O_2} bzw. V_{CO_2} das Volumen O_2 bzw. CO_2 in einem Volumen Luft, V_{Luft} .

C.1.2 Einstellung des Sauerstoff-Analysegeräts

Das Sauerstoff-Analysegerät ist an jedem Tag, an dem Prüfungen durchgeführt werden, bezüglich des Nullpunktes und des Messbereichs zu justieren. Die Breite des Messbereichs muss innerhalb von 0,04 % der durch die verwendeten Kalibriergase definierten Breite liegen und in % V_{O_2} / V_{Luft} angegeben werden. Für getrocknete Umgebungsluft muss das Analysegerät einen Wert von $(20,95 \pm 0,01) \%$ ausgeben. Ein mögliches Verfahren für die Einstellung ist in D.1.2 beschrieben.

C.1.3 Streuung und Drift des Ausgangssignals des Sauerstoff-Analysegeräts

C.1.3.1 Allgemeines

Die Streuung und die Drift des Ausgangssignals des Sauerstoff-Analysegeräts unter Verwendung des Messdaten-Erfassungssystems sind nach Inbetriebnahme, Wartung, Reparatur und Ersatz des Sauerstoff-Analysegeräts oder anderer wesentlicher Komponenten des Gasanalyse-Systems und mindestens alle sechs Monate zu überprüfen.

C.1.3.2 Verfahren

Das Verfahren zur Überprüfung der Streuung und der Drift des Ausgangssignals des Sauerstoff-Analysegeräts muss wie folgt sein:

Der Analysebereich des Sauerstoff-Analysegeräts sollte zwischen 16 Vol% und 21 Vol% liegen.

- a) Das Analysegerät ist zu kalibrieren;
- b) der Volumenstrom im Abzugsrohr ist auf $(0,60 \pm 0,05) \text{ m}^3/\text{s}$ einzustellen. Das Analysegerät ist mit Luft aus dem Abzugsrohr zu durchströmen;
- c) es wird gewartet, bis das Gleichgewicht im Analysegerät erreicht wurde;
- d) die Aufzeichnung des Ausgangssignals des Sauerstoff-Analysegeräts ist zu starten und erfolgt im 3-Sekunden-Intervall für eine Dauer von 30 min;
- e) die Drift wird unter Verwendung des Verfahrens der kleinsten Quadrate bestimmt, um eine gerade Linie durch die Messdatenpunkte zu legen. Der absolute Wert der Differenz zwischen der Ablesung bei 0 min und bei 30 min dieser Ausgleichsgeraden stellt die Drift dar;
- f) die Streuung wird durch Berechnung der mittleren Standardabweichung (RMS) um die Ausgleichsgerade herum bestimmt.