

Brandverhalten von Bauprodukten  
Großversuch an Oberflächenprodukten in einem Raum  
Deutsche Fassung prEN 14390:2002

**DIN**  
EN 14390

ICS 13.220.50; 91.060.01; 91.100.01

Einsprüche bis 2002-06-30

**Entwurf**

Fire tests — Full scale room test for surface products;  
German version prEN 14390:2002

### Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

— vorzugsweise als Datei per e-Mail an [nabau@din.de](mailto:nabau@din.de) in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;

— oder in Papierform an den Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin).

### Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde im Komitee CEN/TC 127 „Baulicher Brandschutz“ unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war hierfür der Arbeitsausschuss 00.34.01 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Baustoffe“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Fortsetzung 49 Seiten prEN

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

— *Entwurf* —

— Leerseite —

ICS

Deutsche Fassung

## Brandverhalten von Bauprodukten — Großversuch an Oberflächenprodukten in einem Raum

Fire tests — Full scale room test for surface products

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zur Umfrage vorgelegt. Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 127 erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

**Warnvermerk:** Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm in Bezug genommen werden.



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

Zentralsekretariat: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

## Inhalt

Vorwort.....	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	7
4 Grundlagen.....	7
5 Brandraum.....	8
5.1 Maße.....	8
5.2 Durchgangsöffnung.....	8
5.3 Konstruktionsbaustoffe.....	9
6 Brenner.....	9
6.1 Allgemeines.....	9
6.2 Lage.....	9
6.3 Gas.....	10
6.4 Brennerleistung.....	10
7 Abzugshaube und Abzugsrohr.....	10
8 Messeinrichtung im Abzugsrohr.....	10
8.1 Volumenstromrate.....	10
8.2 Gasanalyse.....	10
8.2.1 Probenentnahmestrecke.....	10
8.2.2 Sauerstoff.....	10
8.2.3 Kohlendioxid.....	11
8.3 Optische Dichte.....	11
8.3.1 Allgemeines.....	11
8.3.2 Lampe.....	11
8.3.3 Linsen.....	11
8.3.4 Blende.....	11
8.3.5 Messlichtempfänger.....	11
8.3.6 Position.....	11
9 Leistung des Systems.....	12
9.1 Kalibrierung.....	12
9.2 Ansprechzeit des Systems.....	12
9.2.1 Verfahren.....	12
9.2.2 Verzugszeiten.....	13
9.2.3 Ansprechzeiten.....	13
9.3 Genauigkeit.....	13
9.4 Methanol Kalibrierung.....	13
9.4.1 Behälter.....	13
9.4.2 Methanol.....	13
9.4.3 Verfahren zur Kalibrierung mit Methanol.....	13
9.4.4 Anforderungen an die Methanolkalibrierung.....	14
10 Vorbereitung der Probe.....	14
10.1 Anordnung der Probe.....	14
10.2 Platten.....	14
10.3 Befestigung.....	14
10.4 Trägerplatten.....	14
10.5 Farben und Lacke.....	15
10.6 Konditionierung.....	15
11 Prüfung.....	15

11.1	Ausgangssituation.....	15
11.1.1	Umgebungstemperatur .....	15
11.1.2	Luftzug .....	15
11.1.3	Brenner .....	15
11.1.4	Fotografien .....	15
11.2	Verfahren .....	15
11.2.1	Automatisches Aufzeichnen der Messdaten .....	15
11.2.2	Einstellungen des Brenners und des Durchflusses der Rauchgase .....	16
11.2.3	Fotografien .....	16
11.2.4	Beobachtungen.....	16
11.2.5	Abbrechen der Prüfung.....	16
11.2.6	Schäden der geprüften Probe .....	16
11.2.7	Ungewöhnliches Verhalten.....	16
12	Prüfbericht.....	16
Anhang A (normativ) Zündquelle.....		18
A.1	Brenner .....	18
Anhang B (informativ) Messtechnik im Brandraum.....		19
B.1	Gesamter Wärmestrom .....	19
B.2	Gastemperatur .....	19
B.3	Oberflächentemperaturen .....	19
B.3.1	Allgemeines .....	19
B.3.2	Thermoelemente .....	19
B.4	Durchfluss durch den Durchgang.....	20
B.4.1	Bidirectionale Sonde .....	20
B.4.2	Durchflussrate pro Fläche .....	20
B.4.3	Flächenbezogene konvektive Wärmerstromrate.....	20
B.4.4	Lage der Sonden.....	21
B.5	Strahlung durch den Durchgang.....	21
Anhang C (informativ) Konstruktion des Abzugssystems.....		23
C.1	Allgemeines .....	23
C.2	Abzugshaube .....	23
C.3	Abzugsrohr.....	23
C.4	Kapazität .....	23
C.5	Alternative Systeme.....	23
Anhang D (informativ) Messinstrumente im Abzugsrohr.....		26
D.1	Volumenstrom.....	26
D.1.1	Bidirectionale Sonde .....	26
D.1.2	Druckübertragungsgerät.....	26
D.1.3	Thermoelemente .....	26
D.2	Probenentnahmestrecke .....	26
D.2.1	Probenentnahmesonde .....	26
D.2.2	Probenentnahmestrecke .....	26
D.2.3	Pumpe .....	26
D.2.4	Ausgang der Probenentnahmestrecke.....	27
D.2.5	Spezifizierungen .....	27
D.3	Analyse des Verbrennungsgases .....	27
D.3.1	Allgemeines.....	27
D.3.2	Sauerstoffkonzentration.....	27
D.3.3	Kohlendioxidkonzentration.....	27
D.4	Optische Dichte.....	28
D.4.1	Allgemeines .....	28
D.4.2	Kalibrierung .....	28
Anhang E (normativ) Berechnungen.....		33
E.1	Volumenstrom.....	33
E.2	Generierter Wärmeeffekt, Kalibrierung und Prüfverfahren .....	33
E.2.1	Wärmefreisetzungsrate von der Zündquelle.....	33
E.2.2	Wärmefreisetzungsrate vom Bauprodukt .....	34
E.2.3	Berechnung der gesamten Wärmefreisetzung .....	35
E.2.4	Einschränkungen.....	35
E.3	Verbrennungsgase .....	36

E.4	Lichtschwächung.....	36
E.4.1	Berechnung von $SPR_{smooth}$ .....	37
E.4.2	Berechnung von $TSP$ .....	37
E.5	Berechnung des $FIGRA$ and $SMOGR$ A .....	37
E.5.1	Zeit bis zum Flammenüberschlag .....	37
E.5.2	Berechnung des $FIGRA$ , Fire Growth Rate Wert.....	38
E.5.3	Berechnung vom $SMOGR$ A, Smoke Growth Rate Index.....	38
Anhang F (normativ) Anordnung der Probe .....		41
F.1	Normanordnung der Probe .....	41
F.2	Alternative Probenanordnungen .....	41
Anhang G (informativ) Berechnungsbeispiele .....		42
G.1	Allgemeines .....	42
G.2	Beispiel Nummer 1.....	42
G.3	Beispiel Nummer 2.....	42
Anhang H (informativ) Genauigkeit .....		48
H.1	Genauigkeit der Kalibrierung.....	48
Anhang I (informativ) Literaturhinweise.....		49

## **Vorwort**

Dieses Dokument (prEN 14390) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 127 „Baulicher Brandschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

## Einleitung

Dieses Prüfverfahren ist dafür vorgesehen, das Brandverhalten eines Bauproduktes unter kontrollierten Laborbedingungen zu beschreiben.

Das Prüfverfahren kann zur Unterstützung einer Brandrisikoanalyse benutzt werden, die alle Faktoren mit einschließt, die wesentlich zur Bewertung des Brandrisikos in einer bestimmten praktischen Anwendung sind.

**WARNHINWEIS** — Die Aufmerksamkeit aller Personen, die mit der Planung und Durchführung von Brandprüfungen befasst sind, wird auf die Tatsache gerichtet, dass Brandprüfungen gefährlich sein können und dass die Freisetzung von toxischem und/oder schädlichem Rauch oder toxischen und/oder schädlichen Gasen möglich ist.

Eine Abschätzung aller möglichen Gesundheitsrisiken sollte durchgeführt werden und Sicherheitsvorkehrungen sollten erkannt und zur Verfügung gestellt werden. Rauch und Gase sollten vom Arbeitsplatz fern gehalten werden. Schriftliche Sicherheitsanweisungen sollten erstellt werden. Das entsprechende Personal sollte geschult werden. Das Laborpersonal sollte jederzeit gewährleisten, dass schriftliche Sicherheitsanweisungen jederzeit befolgt werden.

Eine Anlage zur Löschung eines voll entwickelten Brandes sollte vorhanden sein.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein Prüfverfahren fest, um das Brandverhalten von Bauprodukten zu beurteilen. Es wird eine Situation simuliert, bei der sich in einem gut belüfteten kleinen Raum mit einem Türdurchgang in einer Ecke ein Feuer entwickelt.

Die Aufgabe dieses Prüfverfahren besteht darin, das Brandverhalten und den Beitrag zur Brandentwicklung eines Bekleidungsproduktes für Innenwände in einer Raumkonstellation bei Einwirkung einer festgelegten Zündquellen zu beurteilen.

Dieses Prüfverfahren ist besonders für Bauprodukte geeignet, die nicht in ihrer praktischen Anwendung in einem klein- oder mittelskaligen Versuch geprüft werden können, wie zum Beispiel thermoplastische Baustoffe, Fugen und Oberflächen mit Unebenheiten. Mit dem Prüfverfahren kann außerdem der Einfluss einer wärmedämmenden Hinterlegung auf das Brandverhalten eines Bauproduktes beurteilt werden.

Das Prüfverfahren dieser Europäische Norm gibt Messwerte vom Beginn eines Brandes durch eine Zündquelle bis hin zum Feuerübersprung.

Das Prüfverfahren ist für die Beurteilung von Bodenbelägen ungeeignet.

## 2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

ISO 13943: 2000, *Brandschutz — Vokabular (ISO 13943:2000)*.

EN 13238: 2001, *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten — Konditionierungsverfahren und allgemeine Regeln für die Auswahl von Trägern*.

ISO TR 9705-2: 2001, *Reaction to fire tests — Full scale room tests for surface products — Part 2: Technical background and guidance*



### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN ISO 13943 angegebenen und die folgenden Begriffe:

#### 3.1

##### **beanspruchte Oberfläche**

die durch die Beflammungsbedingungen während der Prüfung ausgesetzte Oberfläche eines Bauproduktes

#### 3.2

##### **Baustoff**

ein Material, das aus einem einzigen Stoff oder aus einem fein verteilten Gemisch besteht, z. B. Metall, Stein, Holz, Beton, Mineralwolle mit fein verteiltem Bindemittel oder Polymere

#### 3.3

##### **Bauprodukt**

Baustoff, Verbundbaustoff oder Bausatz, über den Informationen verlangt werden

#### 3.4

##### **Probe**

repräsentativer Teil eines Bauproduktes, das zusammen mit einer etwaigen Trägerplatte oder einer Behandlung zu prüfen ist

ANMERKUNG Die Probe kann einen Luftspalt mit einschließen.

#### 3.5

##### **Bekleidung**

jeder Teil eines Gebäudes, der eine beanspruchte Oberfläche auf der Innenseite von Wänden und/oder der Decke hat, wie Paneele, Fliesen, Platten, Tapeten, gesprühte oder gestrichene Beschichtungen

#### 3.6

##### **Flash-over (Feuerübersprung)**

der Punkt in der Entwicklung des Brandes, bei dem die Summe der Anteile der Wärmefreisetzungsrate aus Brenner und Probe 1 000 kW erreicht

#### 3.7

##### **FIGRA**

Flre Growth RAte. Die Rate der Brandausbreitung zum Zweck der Klassifizierung.

#### 3.8

##### **SMOGRA**

SMOke Growth RAte. Die Rate der Rauchentwicklung. Das Maximum des Quotienten bestehend aus der Änderung der Rauchmenge der Probe und der dabei erforderlichen Zeit.

#### 3.9

##### **brennendes Abtropfen/Abfallen**

Material, das sich während einer Brandprüfung von der Probe löst und für eine Mindestdauer von 10 Sekunden weiter brennt oder sich auf dem Boden formende brennende Lachen

### 4 Grundlagen

Das Risiko zur Brandentwicklung wird durch Messung der Wärmefreisetzungsrate des Feuers auf Grundlage des Sauerstoffverbrauchs berechnet.

Das Risiko der verringerten Sicht wird durch Messung der Rauchentwicklung abgeschätzt.

Brandnebenscheinungen, die mit der Brandentwicklung zusammenhängen, wie zum Beispiel Flammenausbreitung und brennendes Abtropfen, werden visuell dokumentiert durch Fotos und/oder Videoaufzeichnung.

ANMERKUNG Wenn weitere Informationen erforderlich sind, wie z. B. Messungen zum Wärmestrom auf den Boden, Anteile von giftigen Gasen, die Brandtemperatur im Brandraum und die Massenströme nach innen und außen durch die Durchgangsöffnung, dann kann dies durchgeführt werden (siehe auch ISO TR 9705-2).

## 5 Brandraum

### 5.1 Maße

Der Brandraum (siehe Bild 1) besteht aus vier rechtwinklig einander zugeordneten Wänden, einem Boden und einer Decke und muss die folgenden Innenmaße haben:

- a) Länge:  $3,6 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ ;
- b) Breite:  $2,4 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ ;
- c) Höhe:  $2,4 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ .

Der Brandraum muss im Inneren eines Gebäudes errichtet werden, wo es im Wesentlichen zugfrei ist. Dieser Umgebungsraum muss beheizbar sein und hinreichend groß sein, um sicherzustellen, dass das Prüffeuer unbeeinflusst bleibt. Um den Einbau von Instrumenten der Zündquelle zu vereinfachen, darf der Brandraum so aufgestellt werden, dass der Boden von seiner Unterseite aus erreichbar ist.

### 5.2 Durchgangsöffnung

In mittlerer Breite einer Wand mit den Maßen  $2,40 \text{ m} \times 2,40 \text{ m}$  wird eine Durchgangsöffnung geschaffen. Es dürfen keine weiteren Öffnungen, die zur Belüftung fungieren könnten, in den raumabschließenden Wänden vorgesehen werden. Die Durchgangsöffnung muss folgende Maße haben:

- a) Breite:  $0,8 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ ;
- b) Höhe:  $2,0 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ .

Maße in m

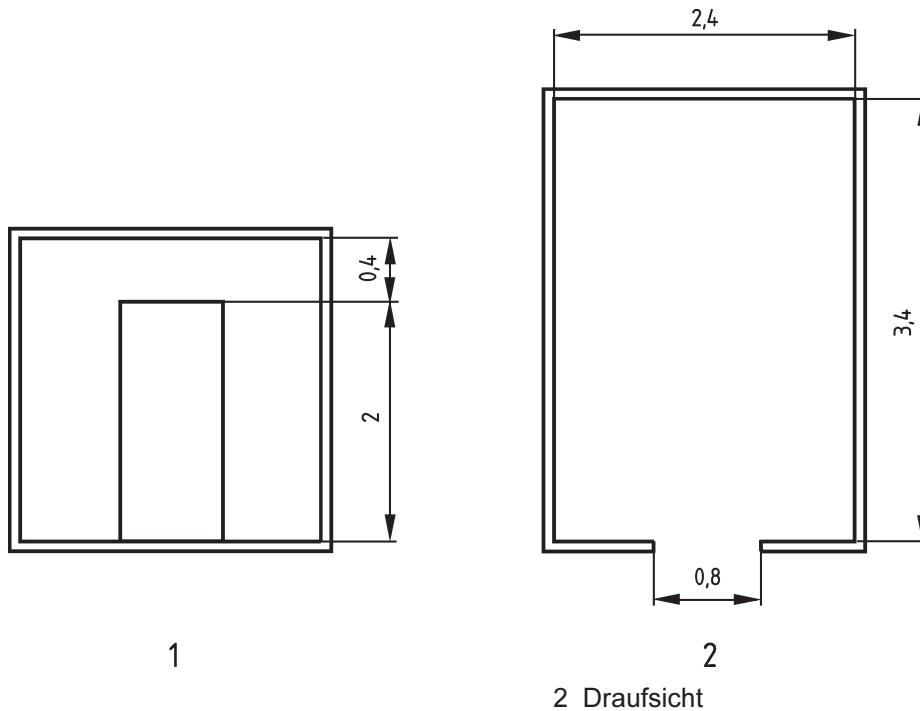


Bild 1 – Brandraum

### 5.3 Konstruktionsbaustoffe

Der Brandraum muss aus Baustoffen der EUROKLASSE A1 mit einer Dichte von  $(600 \pm 200) \text{ kg/m}^3$  erstellt werden. Die Mindestdicke der Konstruktion muss 20 mm betragen.

## 6 Brenner

Die konstruktive Gestaltung des Brenners ist in Anhang A festgelegt.

### 6.1 Allgemeines

Der Brenner muss mit Propangas betrieben werden und eine quadratische Oberseite aus porösem inerten Material, z.B. Sand, aufweisen. Die konstruktive Gestaltung muss derart sein, dass über die gesamte Öffnungsfläche ein gleichförmiger Gasdurchfluss erreicht wird.

Die Zündquelle ist ein Propangasbrenner, der verhältnismäßig große Gasmengen verbraucht. Deshalb wird auf die folgende Sicherheitswarnung aufmerksam gemacht.

**WARNUNG — Alle Bestandteile wie Zufuhrleitungen, Verbindungen, Durchflussmesser, u.s.w. müssen für Propangas zugelassen sein. Die Installation muss in Anlehnung an vorhandene Bestimmungen durchgeführt werden.**

Der Brenner sollte aus Sicherheitsgründen mit einer fernbedienbaren Zündquelle wie z.B. einer Zündflamme oder einem Glühdraht ausgerüstet sein. Es sollte ein Warnsystem für ausströmendes Gas vorgesehen werden, sowie ein Absperrventil, das unverzüglich automatisch die Gaszufuhr unterbricht, wenn die Brennerflamme erlischt.

### 6.2 Lage

Der Brenner muss in einer Ecke gegenüber dem Durchgang am Boden angeordnet sein. Die Wände des Brenners müssen an der Probe anliegen.

### 6.3 Gas

Der Brenner muss mit Propangas (Reinheitsgrad mindestens 95 %) betrieben werden. Der Gasdurchfluss muss auf  $\pm 3\%$  gemessen werden. Die Leistung des Brenners muss mit einer Genauigkeit von  $\pm 5\%$  vom Sollwert gesteuert werden.

### 6.4 Brennerleistung

Die Netto-Brennerleistung muss während der ersten 10 min nach der Zündung 100 kW betragen und danach während einer Dauer von 10 min auf 300 kW ansteigen.

## 7 Abzugshaube und Abzugsrohr

Das Abzugssystem zur Abführung der Verbrennungsprodukte muss so ausgelegt werden, dass alle Verbrennungsprodukte, die den Brandraum über die Durchgangsöffnung während der Prüfung verlassen, abgeführt werden. Dabei darf das Abzugssystem das durch das Feuer verursachte Strömungsprofil in der Durchgangsöffnung nicht beeinträchtigen. Die maximale Abzugsleistung bei Normaldruck und einer Temperatur von 25 °C muss mindestens  $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  betragen.

ANMERKUNG Ein Beispiel einer Ausführung einer Abzugshaube und eines Abzugsrohres ist in Anhang C aufgeführt.

## 8 Messeinrichtung im Abzugsrohr

Dieser Abschnitt legt die Mindestanforderung an die Messeinrichtung im Abzugsrohr fest. Zusätzliche Angaben und konstruktive Gestaltungen sind in Anhang D aufgeführt.

### 8.1 Volumenstromrate

Die Volumenstromrate im Abzugsrohr muss auf  $\pm 5\%$  gemessen werden.

Die Ansprechzeit der Messinstrumente muss bei einer schrittweisen Änderung der Volumendurchflussrate im Abzugsrohr maximal 3 s bei Erreichen von 90 % des Endwertes betragen.

### 8.2 Gasanalyse

#### 8.2.1 Probenentnahmestrecke

Die Gasproben müssen an einer Stelle im Abzugsrohr entnommen werden, wo die Verbrennungsprodukte gleichmäßig verteilt sind. Die Probenentnahmestrecke muss aus einem inerten Material, das die zu bestimmende Gaskonzentration nicht beeinflusst, bestehen (siehe Anhang D).

#### 8.2.2 Sauerstoff

Das O<sub>2</sub>-Gasanalysegerät muss vom paramagnetischen Typ sein oder eine entsprechende Leistung erbringen und einen Messbereich von mindestens 0 % bis 21 % (Volumenanteile) Sauerstoff ( $V_{\text{O}_2}/V_{\text{Luft}}$ ) haben. Die Messunsicherheit muss  $\leq 0,1\%$  O<sub>2</sub> (Volumenanteile) oder besser sein. Die Stabilität des Analysegeräts muss innerhalb von 0,01 % O<sub>2</sub> (Volumenanteile) über eine Dauer von 30 Minuten betragen (nach den Empfehlungen von D.3.2 gemessen). Das Ausgangssignal des Analysegeräts und des Datenerfassungssystems muss eine Auflösung von 0,01 % O<sub>2</sub> (Volumenanteile) haben oder besser.

### 8.2.3 Kohlendioxid

Das CO<sub>2</sub>-Analysegerät muss vom IR-Typ sein oder eine entsprechende Leistung erbringen und einen Messbereich von mindestens 0 % bis 10 % Kohlendioxid (Volumenanteile) haben. Die Messunsicherheit muss  $\leq 0,1$  % CO<sub>2</sub> (Volumenanteile) sein bei bis zu 5 % CO<sub>2</sub> (Volumenanteile) und  $\leq 0,2$  % (Volumenanteile) CO<sub>2</sub> sein von 5 bis 10 % CO<sub>2</sub> (Volumenanteile). Die Linearität des Analysegeräts muss 1 % vom Messbereich oder besser sein. Das Ausgangssignal des Analysegeräts und des Datenerfassungssystem muss eine Auflösung von 0,01 % CO<sub>2</sub> (Volumenanteile) haben oder besser.

## 8.3 Optische Dichte

### 8.3.1 Allgemeines

Die optische Dichte von Rauch wird durch Messung der Lichtschwächung einer Messvorrichtung aus einem Messlichtgeber, einer Linse, einer Blende und einem Messlichtempfänger ermittelt (siehe Bild 2).

### 8.3.2 Lampe

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).

### 8.3.3 Linsen

Die Linsenanordnung muss das Licht in einen parallelen Lichtstrahlbündel mit einem Durchmesser von mindestens 20 mm ausrichten.

### 8.3.4 Blende

Die Blende muss im Brennpunkt von Linse L<sub>2</sub> entsprechend Bild 2 angeordnet werden und ihr Durchmesser  $d$  muss in Abhängigkeit vom Abstand  $f$  der Linse L<sub>2</sub> zu ihrem Brennpunkt so festgelegt werden, dass  $d/f$  kleiner als 0,04 ist. Andere Lösungen zur Vermeidung von Streulicht sind erlaubt.

### 8.3.5 Messlichtempfänger

Der Messlichtempfänger muss in Übereinstimmung mit der CIE eine entsprechende Ansprechrate der Spektralverteilung des Lichtes aufweisen, die  $V(\lambda)$ -Funktion (die CIE<sup>1)</sup> photooptischen Kurven) muss eine Genauigkeit von mindestens  $\pm 0,5$  % aufweisen.

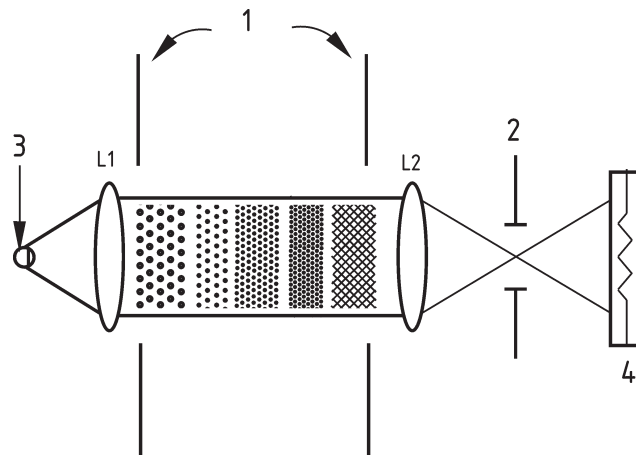
Die Ausgangswerte des Messlichtempfängers müssen über einem Ausgangsbereich von mindestens zwei Zehnerpotenzen innerhalb von 5 % der gemessenen Übertragungswerte, oder 1 % der absoluten Übertragung, linear sein.

### 8.3.6 Position

Der Lichtstrahl muss über den Querschnitt entlang des Durchmessers des Abzugsrohrs hinweg in einer Lage, wo der Rauch gleichmäßig verteilt ist, gehen.

---

1) Commission internationale d'éclairage.



- 1 Wand des Abzugsrohrs
- 2 Blende
- 3 Lampe
- 4 Messlichtempfänger

Bild 2 — Lichtmessstrecke

## 9 Leistung des Systems

### 9.1 Kalibrierung

Vor jeder Prüfung oder zusammenhängender Prüfserie ist eine Kalibrierprüfung durchzuführen.

ANMERKUNG In Anhang E sind Gleichungen zur Berechnung angegeben.

Die Prüfung muss mit einer Brennerleistung nach Tabelle 1 durchgeführt werden, wobei der Brenner direkt unter der Abzugshaube angeordnet sein muss. Die Messwerte müssen mindestens alle drei Sekunden aufgenommen werden und müssen eine Minute vor Zündung des Brenners begonnen werden. Nach stabilisierter Phase darf die Abweichung zwischen der durchschnittlichen Wärmefreisetzungsrate über eine Minute hinweg errechnet aus dem gemessenen Sauerstoffverbrauch auf der einen Seite und der Wärmefreisetzungsrate über eine Minute hinweg errechnet aus dem Gasverbrauch auf der anderen Seite 5 % der einzelnen Stufen der Brennerleistungen nicht überschreiten.

### 9.2 Ansprechzeit des Systems

#### 9.2.1 Verfahren

Die Verzugszeiten und Ansprechzeiten der Gasanalysegeräte müssen für die schrittweisen Änderungen der Brennerleistung entsprechend Tabelle 1 geprüft werden. Der Brenner muss in mittiger Position 3,5 m unterhalb des Abzuges angeordnet werden. Die Messungen sind alle drei Sekunden aufzunehmen.

Tabelle 1 — Profil der Brennerleistung

Zeit min	Brennerleistung kW
0 bis 2	0
2 bis 7	100
7 bis 12	300
12 bis 17	100
17 bis 19	0

### 9.2.2 Verzugszeiten

Die Verzugszeit des Sauerstoffanalysegerätes ergibt sich aus der Differenz zwischen einer 3 K Änderung in der Temperatur des Abzuges und einer 0,05 % Änderung der Sauerstoffkonzentration. Die Verzugszeit des Kohlendioxidanalysegerätes ergibt sich aus der Differenz zwischen einer 3 K Änderung in der Temperatur des Abzuges und einer 0,02 % Änderung der Kohlendioxidkonzentration. Keine der beiden Verzugszeiten darf 30 s überschreiten. Vor einer Berechnung der Wärmefreisetzungsrate müssen die Messwerte auf der Basis dieser Verzugszeit korrigiert werden.

### 9.2.3 Ansprechzeiten

Die Ansprechzeiten ergeben sich aus der Zeit zwischen einer 10 % und 90 % Änderung der gemessenen Sauerstoff- oder Kohlendioxidstufe. Die Ansprechzeiten dürfen 12 s nicht überschreiten.

## 9.3 Genauigkeit

Die Genauigkeit des Systems bezogen auf die verschiedenen Durchflussraten muss dadurch geprüft werden, indem die Durchflussrate im Abzug in vier verschiedenen Stufen, beginnend mit  $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (bei 0,1 MPa und 25 °C) bis zum Maximalwert, vergrößert wird. Die Leistung des Brenners muss 300 kW betragen. Die Fehlerabweichung der mittleren Wärmefreisetzungsrate berechnet über eine Minute darf nicht mehr als 10 % von der tatsächlichen Leistung des Brenners abweichen.

## 9.4 Methanol Kalibrierung

Mindestens einmal im Jahr, oder falls erforderlich häufiger, muss eine Kalibrierung unter Benutzung von Methanol durchgeführt werden.

### 9.4.1 Behälter

Der Behälter zum Verbrennen des Methanol muss kreisförmig sein und aus Stahl hergestellt werden. Der Durchmesser des Behälters muss  $(720 \pm 10)$  mm betragen mit einer Höhe von  $(150 \pm 10)$  mm. Die Dicke des Stahlbleches muss 2,0 mm betragen. Dies ergibt eine Fläche des Brennstoffes von  $(0,41 \pm 0,01) \text{ m}^2$ .

### 9.4.2 Methanol

Das Methanol muss eine Reinheit von 98 % aufweisen. Es sollten 10 Liter Methanol benutzt werden. Das sich aus diesem Pool ergebende Feuer wird eine Energie von etwa 140 kW freisetzen. Ein Liter des Methanols darf zurückbehalten werden und in einem getrennten Behälter aufbewahrt werden. Sollten sich Zweifel über die Reinheit der Flüssigkeit ergeben, kann diese zu einem späteren Zeitpunkt chemisch analysiert werden.

### 9.4.3 Verfahren zur Kalibrierung mit Methanol

Das Verfahren zur Kalibrierung mit Methanol wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

#### 9.4.3.1 Ausgangslage

Der Brennstoffbehälter muss auf eine Waagschale, die als Platte oben auf der Waage liegt, gesetzt werden. Die Platte muss die Maße von 1,2 m x 2,4 m aufweisen und aus nichtbrennbarem Calciumsilicat nach EN 13238 bestehen. Der Behälter darf nicht von unten her wärmedämmt sein.

Die Waage, zum Beispiel eine Lastzelle, muss die Masse der Probe auf  $\pm 150$  g bis mindestens 90 kg der Probenmasse messen. Sie muss derart aufgestellt werden, dass die Wärme der brennenden Probe und eine etwaige Exzentrizität der Last diese Genauigkeit nicht beeinflusst. Es sollte dafür gesorgt werden, dass sich während der Messungen die Messbereiche nicht ändern. Alle Teile der Waage, zum Beispiel eine Lastzelle, sollten unterhalb der Oberfläche der nichtbrennbaren Platte sein.

Der Abstand zwischen der Oberseite der Platte und dem Boden darf 0,5 m nicht überschreiten. Der Bereich zwischen der Platte und dem Boden muss abgeschirmt werden, um zu verhindern, dass Abtriebskräfte, die sich aus den durch das Feuer sich entwickelnden Luftströmungen ergeben können, die Messungen beeinflussen.

Der Behälter muss mittig unter der Abzugshaube in horizontaler Lage platziert werden.

Die Temperatur des Brennstoffes, des Behälters und der Umgebung muss  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  betragen. Der Brennstoffbehälter muss sich zwischen den Prüfungen abkühlen. Die in den Behälter gegebene Brennstoffmenge muss auf  $\pm 100$  g gewogen werden.

Der horizontale Luftzug in einer Entfernung von 0,5 m vom Rand der Waagschale in der Höhe der nichtbrennbaren Platte darf 0,5 m/s nicht überschreiten.

#### 9.4.3.2 Durchfluss

Die Durchflussrate im Abzugssystem muss auf  $(2,5 \pm 0,5) \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  eingestellt werden.

#### 9.4.3.3 Aufzeichnung der Ausgangslinie

Mindestens 2 Minuten vor der Entzündung des Brennstoffes ist eine Ausgangslinie zu ermitteln.

#### 9.4.3.4 Zündung

Der Brennstoff ist derart zu entzünden, dass der Wiegevorgang der Probe nicht zum Beispiel durch einen in den Brennstoff fallenden Streichholz gestört wird.

#### 9.4.3.5 Ende der Kalibrierprüfung

Nachdem der Brennstoff abgebrannt ist, müssen die Messungen für weitere 2 Minuten fortgesetzt werden.

### 9.4.4 Anforderungen an die Methanolkalibrierung

Die effektive Verbrennungswärme,  $\Delta H_{C, \text{eff}}$ , die aus der gesamten Wärmefreisetzung dividiert durch den gesamten Masseverlust errechnet wird, sollte vom theoretischen Wert von 19,83 kJ/g nicht mehr als 10 % abweichen. Der Wert 17,3 MJ/m<sup>3</sup> bei 25 °C für E (siehe E.2.2) sollte benutzt werden.

## 10 Vorbereitung der Probe

### 10.1 Anordnung der Probe

Das zu prüfende Bauprodukt muss so weit wie möglich in der gleichen Art wie in der praktischen Anwendung befestigt werden. Die Befestigung der Probe im Brandraum ist im Anhang F beschrieben.

### 10.2 Platten

Falls das zu prüfende Bauprodukt eine Platte ist, muss die gewöhnliche Breite, Länge und Dicke der Platte entsprechend benutzt werden.

### 10.3 Befestigung

Das Bauprodukt muss entweder auf einer Trägerplatte oder direkt an der Innenseite des Brandraumes befestigt werden. Die Befestigungsart (zum Beispiel nageln, kleben oder die Benutzung einer Tagkonstruktion) muss so weit wie möglich mit der in der praktischen Anwendung übereinstimmen. Die Dicke der Probe einschließlich eines Luftspaltes ist maximal 150 mm. Die Befestigungsart muss eindeutig im Prüfbericht beschrieben werden, insbesondere dann, wenn die dabei benutzte Befestigungsart die Eigenschaften der Probe während der Prüfung verbessert.

### 10.4 Trägerplatten

Bauprodukte müssen auf einer Trägerplatte nach EN 13238 geprüft werden.



## 10.5 Farben und Lacke

Farben und Lacke müssen auf die Trägerplatten in einer Auftragstärke entsprechend den Angaben des Auftraggebers aufgetragen werden.

## 10.6 Konditionierung

Die Proben sind nach EN 13238 zu konditionieren. Etwaige Wägungen sollten an einem repräsentativen Stück der Probe durchgeführt werden.

ANMERKUNG Bei Bauprodukten auf Holzbasis und Bauprodukten, von denen Lösungsmittel entweichen kann, kann eine Konditionierungszeit von mindestens vier Wochen erforderlich sein.

## 11 Prüfung

### 11.1 Ausgangssituation

#### 11.1.1 Umgebungstemperatur

Die Temperatur im Brandraum und der Umgebung hiervon muss vom Zeitpunkt der Befestigung der Proben bis zum Beginn der Prüfung ( $20 \pm 10$ ) °C betragen.

ANMERKUNG Die Zeit zwischen dem Entfernen der Proben aus dem Konditionierungsraum und dem Beginn der Prüfung sollte auf einem Minimum reduziert werden.

#### 11.1.2 Luftzug

Der horizontale Luftzug, der in einer horizontalen Entfernung von 1 m von der Mitte des Durchganges aus gemessen wurde, darf  $0,5 \text{ ms}^{-1}$  nicht überschreiten.

#### 11.1.3 Brenner

Der Brenner muss mit der Probe in Eckanordnung in Berührung stehen. Die Oberfläche der Brenneröffnung muss sauber sein.

#### 11.1.4 Fotografien

Das Bauprodukt muss vor der Prüfung entweder fotografiert oder mit Videokamera aufgenommen werden.

### 11.2 Verfahren

#### 11.2.1 Automatisches Aufzeichnen der Messdaten

Die folgenden Messwerte müssen gemessen und automatisch alle 3 s aufgezeichnet werden. Die Aufzeichnung muss mindestens 2 min vor der Zündung des Brenners begonnen werden und mindestens bis 22 min nach der Entzündung fortgesetzt werden oder aber 2 min nach einem Flammenüberschlag, je nach dem was zuerst passiert.

- a) Zeit ( $t$ ), in s. Der Beginn der Aufzeichnung der Messwerte bei  $t = -120$  s entspricht 2 min vor der Zündung des Brenners.
- b) Durchfluss ( $m_b$ ) von Propangas zum Brenner in mg/s. Wenn ein Messgerät auf Rotationsprinzip benutzt wird, sollten die Messwerte manuell zugefügt werden.
- c) Druckdifferenz ( $\Delta p$ ) zwischen den zwei Kammern der bidirektionalen Sonde im allgemeinen Messabschnitt des Abzuges in Pa.
- d) Eingangssignale vom Lichtempfänger ( $I$ ), als weißes Lichtsystem im allgemeinen Messabschnitt des Abzuges in %.

- e) O<sub>2</sub> Prozent in den Rauchgasen, entnommen an der Gasentnahmesonde im allgemeinen Messabschnitt des Abzuges.
- f) CO<sub>2</sub> Prozent in den Rauchgasen, entnommen an der Gasentnahmesonde im allgemeinen Messabschnitt des Abzuges.
- g) Temperatur in K im Abzug ( $T_s$ ) im allgemeinen Messabschnitt des Abzuges.

### 11.2.2 Einstellungen des Brenners und des Durchflusses der Rauchgase

Der Brenner ist innerhalb von 10 s nach seiner Zündung auf die Stufe der Brennerleistung nach Anhang A einzustellen. Die Leistung des Abzuges ist kontinuierlich so einzustellen, dass alle Verbrennungsprodukte abgezogen werden.

### 11.2.3 Fotografien

Eine fotografische und/oder Videoaufnahmen muss von der Prüfung vorgenommen werden. Auf allen fotografischen Aufzeichnungen muss die Uhrzeit auf 1 s vorhanden sein.

### 11.2.4 Beobachtungen

Während der Prüfung sind die folgenden Beobachtungen aufzuzeichnen einschließlich der Zeit, wann sie auftauchen:

- a) Entzündung der Decke;
- b) ob eine Flammausbreitung unterhalb von 0,5 m an den Wänden des Brandraumes vom Boden aus gemessen auftritt, mit Ausnahme des Bereiches, der innerhalb von 1,2 m von der Ecke ist, wo die Zündquelle angeordnet ist;
- c) eine Änderung der Brennerleistung;
- d) aus dem Durchgang schlagende Flammen;
- e) Auftreten und Ort von brennendem Abtropfen.

Brennendes Abtropfen darf nur dann aufgezeichnet werden, wenn es außerhalb einer Entfernung von 1,2 m von der Ecke der Probe auftritt, außerhalb des Bereiches, in dem der Brenner angeordnet ist

### 11.2.5 Abbrechen der Prüfung

Die Prüfung ist 20 min nach Zündung des Brenners zu beenden oder früher im Falle eines Flammenüberschlages.

ANMERKUNG Sicherheitsgesichtspunkte können ein früheres Abbrechen bewirken.

### 11.2.6 Schäden der geprüften Probe

Nach der Prüfung ist das Schadenausmaß festzustellen.

### 11.2.7 Ungewöhnliches Verhalten

Etwaiges anderes ungewöhnliches Verhalten ist festzuhalten.

## 12 Prüfbericht

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

- a) Bezug darauf, dass die Prüfung in Übereinstimmung mit EN 14390 Room/Corner durchgeführt wurde;
- b) jede Abweichung von dem 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, flächenbezogene 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 (siehe Anhang E);
  - 1) Die Zeit bis zum Flammenüberschlag;
  - 2) Zeit/ Wärmefreisetzungsrate (*HRR*) und ob der Brenner dabei eingeschlossen ist, Zeit/ Wärmefreisetzungsrate des Brenners;
  - 3) Umgebungstemperatur;
  - 4) Zeit/ Rauchentwicklungsrate (*SPR*) bei tatsächlicher Temperatur der durchströmenden Rauchgase im Abzug;
  - 5) Beschreibung der Brandentwicklung (Fotografien);
  - 6) *FIGRA* berechnet nach Anhang E;
  - 7) *SMOGRA* berechnet nach Anhang E;
  - 8) Gesamte Rauchentwicklung, *TSP*, berechnet nach Anhang E und dem Integrationszeitraum;
  - 9) Gesamte Wärmefreisetzung, *THR*, berechnet nach Anhang E und der Integrationszeitraum.
- o) Auf Nachfrage des Auftraggebers: Messdatenaufzeichnung der automatisch festgehaltenen Messwerte nach 9.4 und/oder die letzten Kalibrierberichte;
- p) die folgende Aussage: „Die Prüfergebnisse beziehen sich auf das Brandverhalten eines Bauprodukts unter den besonderen Bedingungen der Prüfung; sie sind nicht dafür gedacht, die einzigen Kriterien zur Beurteilung einer potenziellen Brandgefahr des benutzten Bauproduktes zu sein“;
- q) Visuelle Beobachtungen der Flammenausbreitung und von Abtropfen/abfallenden Teilen.

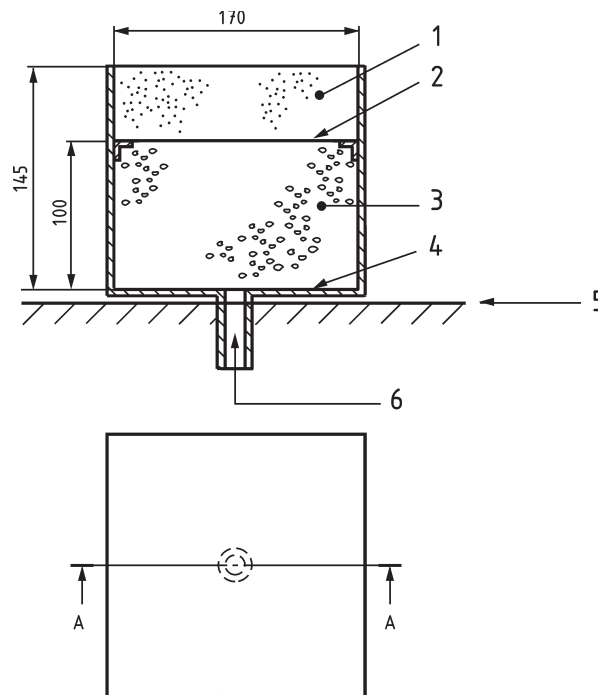
**Anhang A**  
(normativ)

**Zündquelle**

**A.1 Brenner**

Der Brenner muss Bild A.1 entsprechend. Der Brenner wird mit Kies der Größe 4 mm bis 8 mm und Sand der Größe 2 mm bis 3 mm gefüllt. Zwei Metalldrahtgeflechte stabilisieren die zwei Lagen, wobei das obere Metalldrahtgeflecht eine Größe von 1,4 mm und das untere Metalldrahtgeflecht eine Größe von 2,8 mm aufweist. Die obere Lage von Sand schließt mit der oberen Kante des Brenners ab.

Maße in mm



- 1 Sand
- 2 Messingdrahtgeflecht
- 3 Kies

- 4 Messingdrahtgeflecht
- 5 Boden des Brandraumes
- 6 Gaseingang

**Bild A.1 — Normzündquelle**

## Anhang B (informativ)

### Messtechnik im Brandraum

#### B.1 Gesamter Wärmestrom

ANMERKUNG Der Hauptanteil der übertragenen Wärme zum Wärmestrommesser besteht aus Strahlung. Der konvektive Anteil von oder zum Messinstrument kann nicht vernachlässigt werden und deshalb der Begriff „Gesamter Wärmestrom“ anstelle von „Strahlung“.

Das Zielobjekt, das die Strahlung aufnimmt und eventuell zu einem kleinen Anteil die Konvektion, sollte flach, kreisförmig mit einem Durchmesser von nicht mehr als 15 mm sein und mit einem haltbaren, mattschwarzen Anstrich versehen sein. Das Zielobjekt sollte in einem wassergekühlten Gehäuse sein, dessen Vorderseite aus hochpoliertem Metall besteht, flach ist, mit der Ebene des Zielobjektes zusammenfällt und kreisförmig ist mit einem Durchmesser von nicht mehr als 50 mm.

Das Messgerät sollte robust sein, einfach aufzustellen und zu benutzen sein, von Zugluft unbeeinflusst sein und stabil bei der Kalibrierung sein. Das Messgerät sollte ablesbar auf  $\pm 3\%$  sein und eine Wiederholgrenze innerhalb von 0,5 % aufweisen.

#### B.2 Gastemperatur

Wenn das vertikale Gastemperaturprofil innerhalb des Brandraumes bekannt ist, sind Aussagen erhältlich zur Berechnung der durch den Durchgang des Brandraumes hereingehenden und herausgehenden Gasströme. Um Fehler bei der Messung der Gastemperaturen zu minimieren, sollten die Messungen mit einem Absaug-Pyrometer oder einem sehr dünnen Thermoelement (50  $\mu\text{m}$ ) durchgeführt werden.

Geeignete Positionen für die Absaug-Pyrometer oder Thermoelemente sind in Bild B.1 angegeben.

#### B.3 Oberflächentemperaturen

##### B.3.1 Allgemeines

Wenn es wünschenswert ist, das Ansteigen der Flammenausbreitung unterhalb der Decke zu verfolgen, dürfen Oberflächen-Thermoelemente auf dem Bauprodukt befestigt werden. Messungen der Oberflächentemperaturen können außerdem nützlich sein, um eine Wärmebilanzstudie des Prüfablaufes durchzuführen.

##### B.3.2 Thermoelemente

Der Durchmesser des Drahtes des Thermoelementes sollte 0,25 mm nicht überschreiten. Schätzungen von Messfehlern sind schwierig zu erhalten und die Fehler können zeitabhängig und ortsabhängig in Abhängigkeit vom Konvektions- und Strahlungsumfeldes des Brandraumes sein. Praktische Erfahrungen zeigen, dass gleichbleibende und vertrauenswürdige Ergebnisse erhalten werden, wenn das Thermoelement an der Oberfläche der Probe mit einem dünnen, wärmeresistenten Glasfaserband mit einer Oberfläche von etwa 100 mm<sup>2</sup> befestigt wird. Eine gute Verbindung zwischen dem Band und der Probe sollte mindestens bis zu 500 °C aufrechterhalten werden.

Geeignete Stellen für die Oberflächen-Thermoelemente werden in Bild B.3 vorgeschlagen.

## B.4 Durchfluss durch den Durchgang

### B.4.1 Bidirektionale Sonde

Der Durchfluss durch den Durchgang kann mit Hilfe von bidirektionalen Sonden entsprechend D.1 gemessen werden. Die Gastemperatur in der Nähe der Sonde sollte mit einem Absaug-Pyrometer gemessen werden. Die Druckdifferenz über die zwei Gewinde der Sonde sollte mit einem Druckübertragungsgerät auf 0,05 Pa gemessen werden. Es wird empfohlen, dass das Druckübertragungsgerät vom Kapazitanz-Typ ist. Ein geeigneter Anzeigebereich ist von 0 Pa bis 25 Pa.

### B.4.2 Durchflussrate pro Fläche

Die Durchflussrate pro Zeit und Fläche,  $\dot{m}''$ , ausgedrückt in Kilogramm durch Quadratmeter Sekunden, wird aus der folgenden Gleichung berechnet:

$$\dot{m}'' = \rho_s v = \rho_s / k_p (2\Delta P / \rho_s)^{1/2} \quad (\text{B.1})$$

$$= 1 / k_p (2\Delta P \rho_o T_o / T_s)^{1/2} \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist

$\rho_s$  Dichte von Gas an der Stelle der Messung ( $\text{kg m}^{-3}$ );

$v$  Geschwindigkeit des Gases ( $\text{m s}^{-1}$ );

$k_p$  die Reynolds Zahl zur Korrektur der bidirektionalen Sonde;

$\Delta P$  die gemessene Druckdifferenz (Pa);

$\rho_o$  die Dichte von Luft bei 0 °C und 0,1 MPa ( $\text{kg m}^{-3}$ );

$T_o = 273,15 \text{ K}$ ;

$T_s$  ist die Gastemperatur an der Stelle der Messung.

Wenn  $k_p$  gleich 1,08 gesetzt wird, wird der größte Fehler etwa 7 % für Geschwindigkeiten bis auf  $0,3 \text{ m s}^{-1}$  herunter betragen. Für geringere Geschwindigkeiten wird der relative Fehler sich vergrößern.

Der gesamte Massendurchfluss  $\dot{m}_{out}$  aus dem Brandraum heraus ergibt sich durch Integration von  $\dot{m}''$  über die Breite der Öffnung und denjenigen Teil der Öffnung oberhalb der neutralen Druckebene. Es ist erforderlich, dass die Position der neutralen Druckebene entweder gemessen oder berechnet wird als Funktion der Zeit.

### B.4.3 Flächenbezogene konvektive Wärmerstromrate

Die flächenbezogene konvektive Wärmerstromrate  $\dot{Q}''$ , in  $\text{kJ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , aus dem Durchgang heraus wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\dot{Q}'' = \dot{m}'' c_p (T_s - T_i) \quad (\text{B.3})$$

Dabei ist

$\dot{m}''$  die flächenbezogene Massendurchflussrate ( $\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ );

$c_p$  der Heizwert des Gases ( $\approx 1,0 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ );

$T_s$  die Temperatur des Gasflusses (K);

$T_i$  die Umgebungstemperatur (K).

Die Gesamtrate der konvektiven Energie ergibt sich aus der Integration entsprechend den Angaben in B.4.2.

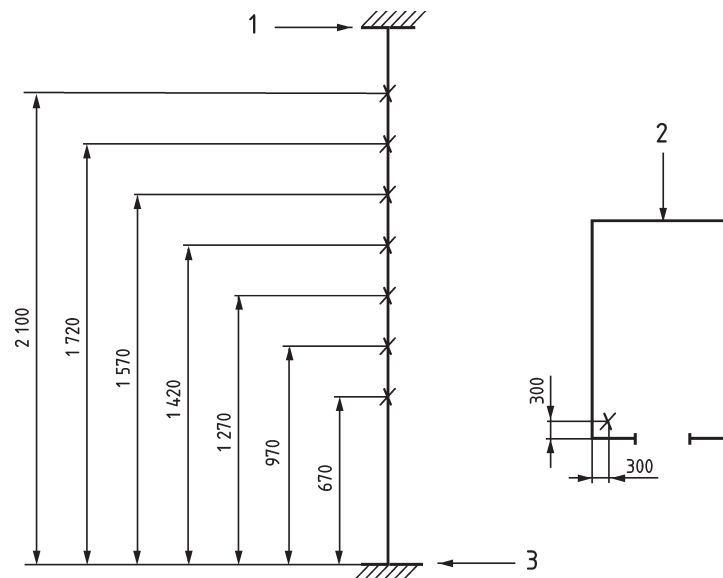
#### B.4.4 Lage der Sonden

Zur angemessenen Aufzeichnung des Gasflusses im Durchgang des Brandraumes sind mindestens zehn Sonden erforderlich. Die Genauigkeit wird dann  $\pm 20\%$  betragen. Eine grobe Einschätzung des Gasflusses kann mit drei Sonden in einer Lage von 1 300 mm, 1 800 mm and 1 900 mm oberhalb des Bodens erreicht werden. Alle Sonden sollten mittig auf einer vertikalen Ebene durch die Mitte des Durchganges angeordnet werden, wo der Gasfluss im Wesentlichen horizontal ist.

#### B.5 Strahlung durch den Durchgang

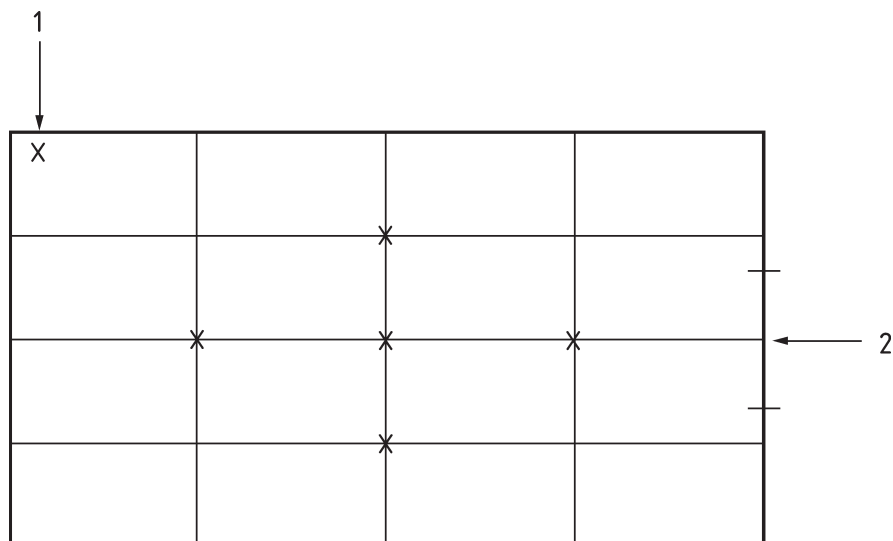
Ein Wärmestrommessgerät nach B.1 kann in der geometrische Mitte des Durchganges angeordnet werden, um die Strahlung durch den Durchgang zu messen.

Maße in mm



- 1 Decke
- 2 Lage im Brandraum
- 3 Boden

Bild B.1 — Messung der Gastemperaturen im Brandraum



- 1 Proben-Oberflächenthermoelemente an der Decke oberhalb des Brenners
- 2 Durchgang

ANMERKUNG Die Messestellen der Thermoelemente werden an der Oberfläche der Probe mit Glasfaserband von etwa 100 mm<sup>2</sup> befestigt.

**Bild B.2 — Lage der Oberflächen-Thermoelemente der Probe an der Decke**



## Anhang C (informativ)

### Konstruktion des Abzugssystems

#### C.1 Allgemeines

Während der Phase des ansteigenden Feuers kann die Massenstromrate von Verbrennungsgasen, die aus dem Brandraum heraus strömen, eine Größenordnung von  $1 \text{ kg s}^{-1}$  und die Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsgase von  $4 \text{ m s}^{-1}$  haben. Die Gase werden von einer Abzugshaube aufgefangen. Das folgende System wurde geprüft und hat gezeigt, dass es mit den Anforderungen dieser Europäischen Norm übereinstimmt.

#### C.2 Abzugshaube

Die Abzugshaube ist mittig über dem Durchgang des Brandraumes angeordnet, wobei die untere Kante mit der Decke des Brandraumes übereinstimmt. Die unteren Abmessungen der Abzugshaube sind  $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$  und die Höhe beträgt  $1,0 \text{ m}$  (siehe Bild C.1). An drei Seiten ragen Stahlbleche  $1,0 \text{ m}$  herunter (die vierte Seite ist mit dem Brandraum verbunden). Die effektive Höhe der Abzugshaube ist entsprechend  $2 \text{ m}$  (siehe Bild C.3). Die Abzugshaube mündet in einen Aufsatz mit einer Querschnittsfläche von  $0,9 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}$ . Der Aufsatz hat eine Höhe von mindestens  $0,9 \text{ m}$ .

In der Kammer des Aufsatzes sind zwei Platten mit der Größe von etwa  $0,5 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}$  angeordnet, um die Verbrennungsgase besser zu vermischen (siehe Bild C.3).

Die Abzugshaube sollte so konstruiert und hergestellt werden, dass keine Leckage auftritt.

#### C.3 Abzugsrohr

Ein Abzugsrohr ist mit der Kammer des Aufsatzes verbunden. Der innere Durchmesser des Abzugsrohrs sollte  $400 \text{ mm}$  betragen. Das gradlinige Abzugsrohr sollte eine Länge von mindestens  $4,8 \text{ m}$  aufweisen.

Zur Erleichterung der Durchflussmessungen werden an beiden Enden des Abzugsrohrs Einsätze zur Glättung des Strömungsprofils angeordnet (siehe Bild C.1 und Bild C.3), oder der gradlinige Teil des Abzugsrohrs sollte eine derartige Länge aufweisen, dass ein gleichmäßiges Strömungsprofil an der Messstelle erreicht wird.

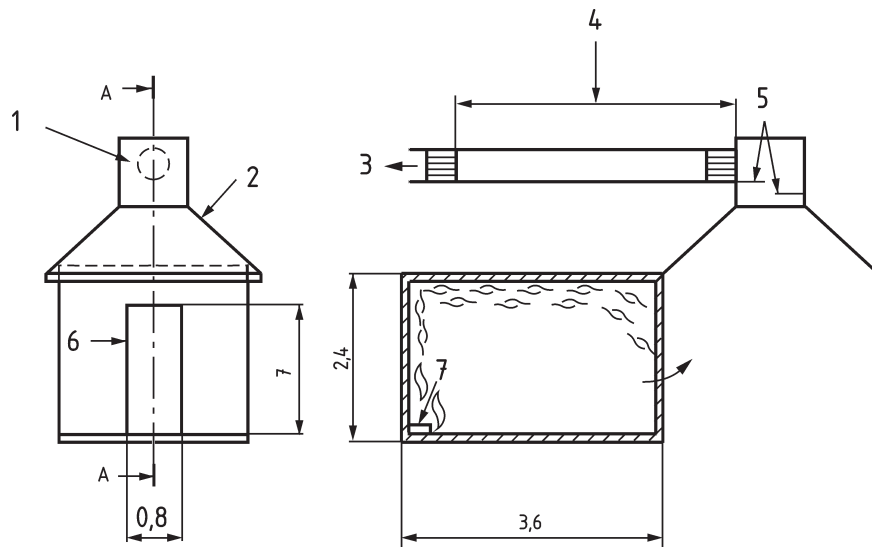
Das Abzugsrohr wird mit einem Absaugsystem verbunden.

#### C.4 Kapazität

Die Kapazität des Rauchabzugssystems sollte derart ausgelegt sein, dass mindestens alle aus dem Brandraum entweichende Verbrennungsgase abgeführt werden. Dies erfordert eine Kapazität des Rauchabzugssystems von mindestens  $4 \text{ kg s}^{-1}$  (in etwa  $12\,000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  bei durchschnittlichen atmosphärischen Bedingungen). Dies entspricht einem Abzugsdruck von etwa  $2 \text{ kPa}$  am Ende des Abzugsrohrs. Während der Prüfung sollte es möglich sein, die Abgasströmung zwischen  $0,5 \text{ kg s}^{-1}$  to  $4 \text{ kg s}^{-1}$  zu regulieren. Wenn die Luftströmung während des ersten Teils der Prüfung nicht abgesenkt wird, ist die Genauigkeit der Messung zu gering.

#### C.5 Alternative Systeme

Ein alternatives Abzugssystem darf benutzt werden, wenn gezeigt wurde, dass es gleichwertige Ergebnisse liefert. Gleichwertigkeit wird durch die Übereinstimmung mit den Anforderungen nach Abschnitt 9 nachgewiesen. Abzugssysteme, die auf einer natürlichen Konvektion basieren, sollten nicht benutzt werden.

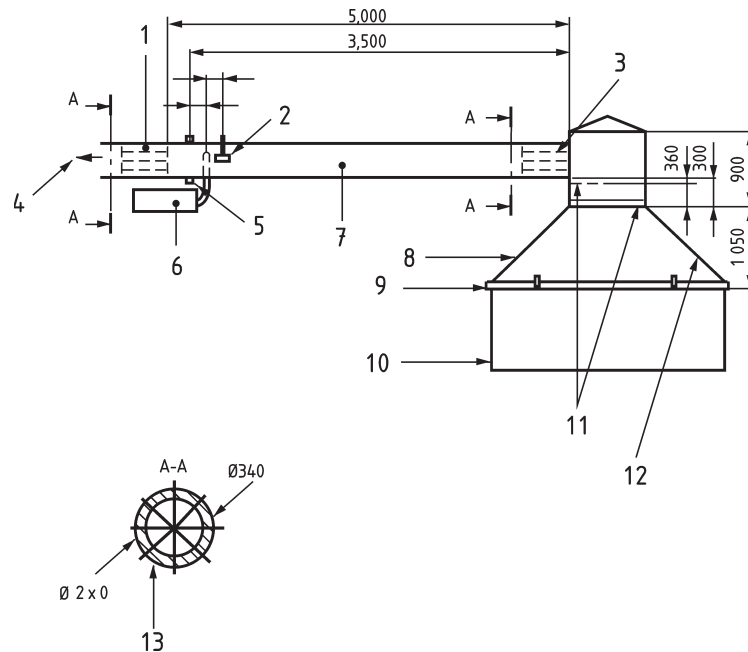


- 1 Abzugsrohr (Ø 0,4)
- 2 Abzugshaube ( 3m x 3 m)
- 3 zum Rauchgasfilter
- 4 Länge 5 m

- 5 Leitbleche
- 6 Durchgang
- 7 Länge 2 m

**Bild C.1 — Grundsätzliche Konstruktion ( ohne überragendes Blech)**

Maße in mm



- |   |  |
|---|--|
| 1 Einsatz zur Glättung des Strömungsprofils | 8 Öffnung 3 000 mm x 3 000 mm                    |
| 2 Pitot-Rohr                                | 9 Profilstahlrahmen 50 mm x 100 mm x 3,2 mm      |
| 3 Einsatz zur Glättung des Strömungsprofils | 10 Stahlplatte 100 mm x 3 000 mm                 |
| 4 zum Rauchgasfilter                        | 11 Stahlplatte 2 mm x 500 mm x 900 mm            |
| 5 Lampe, Fotooptisches System               | 12 Abzugshaube aus Stahlblech mit Dicke von 2 mm |
| 6 Gasanalysegerät                           | 13 4 Stahlplatte 395 mm x 400 mm                 |
| 7 Abzugsrohr $\varnothing$ 400 mm           |  |

**Bild C.2 — Einzelheiten des Abzugssystems und Lage der Sonden zur Probeentnahme**

## Anhang D (informativ)

### Messinstrumente im Abzugsrohr

ANMERKUNG Geeignete Positionen für die Sonden, die in D.1 bis D.4 beschrieben werden, sind im Bild C.3 dargestellt.

#### D.1 Volumenstrom

##### D.1.1 Bidirektionale Sonde

Der Volumenstrom darf mit Hilfe einer bidirektionalen Sonde, die auf der Mittelachse des Abzuges angeordnet ist, gemessen werden. Die Sonde, die im Bild D.1 dargestellt ist, besteht aus einem Zylinder aus nichtrostendem Stahl, mit einer Länge von 32 mm und einem Durchmesser von 14 mm. Der Zylinder ist in zwei gleichgroße Kammern unterteilt. Die Druckdifferenz zwischen den zwei Kammern wird mit einem Druckübertragungsgerät gemessen. Das Diagramm aus den Ergebnissen der Sonde über der Reynolds Zahl ist im Bild D.3 dargestellt.

##### D.1.2 Druckübertragungsgerät

Das Druckübertragungsgerät sollte auf  $\pm 5$  Pa messen und vom Kapazitätz Typ sein. Ein geeigneter Messbereich ist von 0 Pa bis 2 000 Pa.

##### D.1.3 Thermoelemente

Die Gastemperatur in unmittelbarer Nähe der Sonde wird mit einem Thermoelement mit einem maximalen Durchmesser von 0,25 mm gemessen. Das Thermoelement sollte das Strömungsprofil um die bidirektionale Sonde nicht stören.

#### D.2 Probenentnahmestrecke

##### D.2.1 Probenentnahmesonde

Die Probenentnahmesonde sollte im Abzugsrohr an einer Stelle angeordnet sein, wo die Abzugsgase gut durchmischt sind. Die Probenentnahmesonde sollte eine zylindrische Form haben, um die Störung des Strömungsprofils gering zu halten. Die Gasentnahmen sollten über den gesamte Durchmesser des Abzugsrohr erfolgen.

##### D.2.2 Probenentnahmestrecke

Die Probenentnahmestrecke (siehe Bild D.5) sollte aus nichtkorrosiven Material wie zum Beispiel **PTFE** hergestellt werden. Die Verbrennungsgase sollten mit einem inerten Filter bis zu einer Teilchenkonzentration gefiltert werden, die für das Gasanalysengerät erforderlich sind. Der Filtervorgang sollte in mehr als einer Stufe durchgeführt werden. Die Gasmischung sollte bis auf maximal 10 °C abgekühlt werden.

Für andere Gase außer CO, CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> sollten erwärmte Probenentnahmestrecken benutzt werden (150°C bis 175°C). Die Probenentnahmestrecken sollten so kurz wie möglich sein und die Gase sollten nicht gefiltert werden (siehe auch D.2.3 und D.2.4).

##### D.2.3 Pumpe

Das Verbrennungsgas sollte mit einer Pumpe gefördert werden, die kein Öl, Fett oder ähnliche Produkte abgibt, die die Gasmischung kontaminieren könnten. Eine Membranpumpe ist geeignet.

## D.2.4 Ausgang der Probenentnahmestrecke

Der Ausgang der Probenentnahmestrecke sollte in einem offenen Behälter bei atmosphärischen Druck sein. Das Volumen des Behälters sollte nicht so groß ausgelegt sein, dass Konzentrationsgradienten oder Zeitverzögerungen entstehen. Die Förderzeit des Verbrennungsgases zum Ausgang der Probenentnahmestrecke sollte 2 s nicht überschreiten.

## D.2.5 Spezifizierungen

Eine geeignete Probenentnahmesonde ist im Bild D.7 dargestellt. Die Probenentnahmestrecke ist im Bild D.5 dargestellt. Eine geeignete Pumpe sollte eine Kapazität von  $10 \text{ l min}^{-1}$  bis  $50 \text{ l min}^{-1}$  haben, da jedes Gasanalysegerät etwa  $1 \text{ l min}^{-1}$  erfordert. Die Pumpe sollte eine Druckdifferenz von mindestens 10 kPa erbringen, um das Risiko zu verringern, dass die Filter durch Rauch verstopft werden. Um Rußablagerungen in der Sonde zu verhindern, ist der Eingang der Probenentnahmesonde geneigt angeordnet.

## D.3 Analyse des Verbrennungsgases

### D.3.1 Allgemeines

Die Analyse von Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Sauerstoff erfordert, dass etwaiger Wasserdampf aus den Verbrennungsgasen mit entsprechenden Trockenmitteln herausgezogen wird.

### D.3.2 Sauerstoffkonzentration

Die Sauerstoffkonzentration muss mit den Anforderungen nach 8.2.2 übereinstimmen.

Die Stabilität des Ausgangs des Sauerstoffanalysegerätes bei Benutzung eines Datenerfassungssystems muss nach einer ersten Installation, einer Wartung, einer Reparatur oder eines Austausches des Sauerstoffanalysegerätes oder anderer wesentlicher Teile des Gasanalyse-Systems geprüft werden und mindestens alle sechs Monate.

Das Verfahren zur Prüfung der Stabilität des Ausgangs des Sauerstoffanalysegerätes ist wie folgt.

- a) Führe dem Sauerstoffanalysegerät sauerstofffreies Stickstoffgas zu, bis das Analysegerät den Gleichgewichtszustand erreicht hat.
- b) Nach mindestens 60 min unter sauerstofffreien Bedingungen stelle den Volumenstrom im Abzugsrohr auf  $(0,60 \pm 0,05) \text{ m}^3/\text{s}$  ein und schalte um auf Luft aus dem Abzugsrohr mit der gleichen Strömungsgeschwindigkeit, gleichem Druck und Trocknungsverfahren wie für das Probegas. Wenn das Analysegerät Gleichgewicht erreicht hat, justiere das Ausgangssignal des Analysegeräts auf  $(20,95 \pm 0,01) \%$ .
- c) Starte innerhalb einer Minute die Aufzeichnung des Ausgangssignals des Sauerstoff-Analysegeräts im maximal 3-Sekunden-Intervall für eine Dauer von 30 min.
- d) Bestimme die Drift unter Verwendung des Verfahrens der kleinsten Summe der Fehlerquadrate, 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.
- e) Bestimme die Streuung durch Berechnung der mittleren Standardabweichung um die Ausgleichsgerade herum.

Die Drift und die Streuung (beide als positive Werte genommen) dürfen nicht größer als  $0,01 \%$  ( $V_{\text{O}_2}/V_{\text{air}}$ ) sein.

### D.3.3 Kohlendioxidkonzentration

Das Kohlendioxidanalysegerät muss mit den Anforderungen nach 8.2.3 übereinstimmen.

## D.4 Optische Dichte

### D.4.1 Allgemeines

Typische Bestandteile einer geeigneten Lichtmessstrecke sind wie folgt:

Linse: konvexe Form mit einem Durchmesser von 40 mm, Brennweite 50 mm.

Lampe: Halogenlampe; 6 V, 10 W.

Fotозelle: Quarzfotodiode mit einem gefärbten auswechselbaren Glasfilter, der spektrale Eigenschaften wie das menschliche Auge hat.

Die Fotозelle ist mit einem angemessenen Widerstand oder Verstärker verbunden, der eine minimale Auflösung von 2 Dekaden ergibt. Linse, Lampe und Fotозelle werden in zwei Gehäusen befestigt, die sich am Rauchabzug gegenüberliegend auf einer Diagonalen befinden.

Das System sollte selbstreinigend in Bezug auf Rußablagerungen sein, was durch Löcher in der Peripherie der Gehäuse, die im Rauchabzug unter Druck stehen, erreicht werden kann.

Eine geeignete Lichtmessstrecke ist in ISO TR 5924 angegeben.

### D.4.2 Kalibrierung

Die Kalibrierung der Lichtmessstrecke muss nach Errichtung, Wartung, Reparatur oder Ersatz des Halters des Rauchmeßsystems oder anderer wesentlicher Teile des Abzugsystems und mindestens alle sechs Monate vor einer Prüfung durchgeführt werden. Die Kalibrierung setzt sich aus zwei Teilen zusammen: einer Überprüfung der Stabilität des Ausgangssignals und einer Überprüfung mit Hilfe von optischen Filtern.

#### D.4.2.1 Überprüfung der Stabilität

Die folgenden Schritte sind bei eingeschaltetem Messgerät durchzuführen:

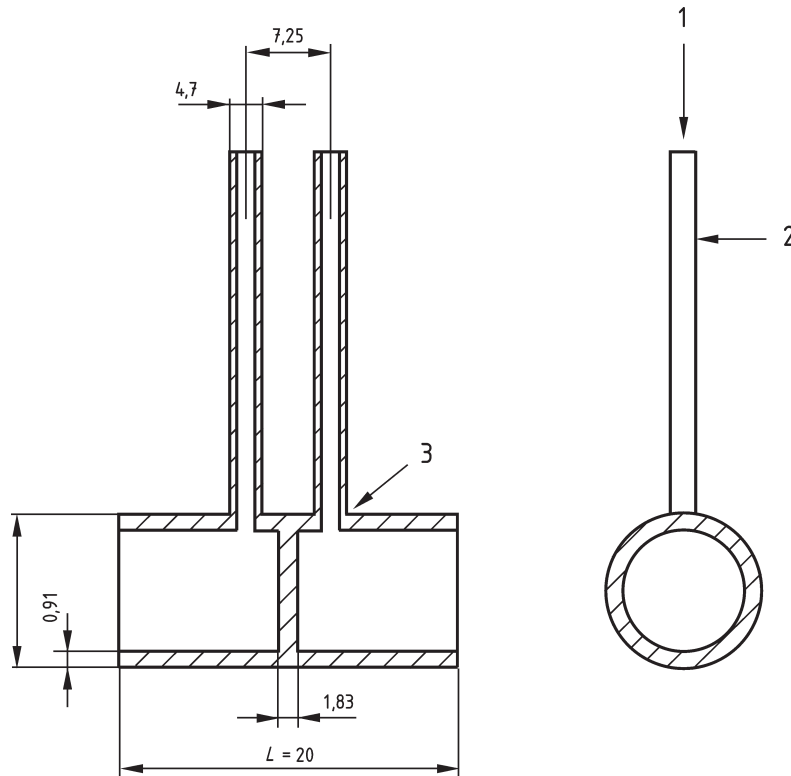
- a) Stelle den Volumenstrom des Abzugs ein auf:  $\dot{V}_{298} = (2,5 \pm 0,5) \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .
- b) Starte die Zeiterfassung und zeichne das Signal des Lichtempfängers für einer Dauer von 30 min auf.
- c) Bestimme die Drift durch Anwendung des Verfahrens der kleinsten Summe der Fehlerquadrate, um eine Ausgleichsgerade durch die Messpunkte zu ziehen. Der absolute Wert der Differenz zwischen dem abgelesenen Wert bei 0 min und dem bei 30 min dieser Ausgleichsgeraden stellt die Drift dar.
- d) Bestimme die Streuung durch Berechnung der mittleren Standardabweichung (rms) um die Ausgleichsgerade.

Kriterium: Sowohl die Streuung als auch die Drift müssen kleiner als 0,5 % des Anfangswerts sein.

#### D.4.2.2 Überprüfung mit Hilfe der optischen Filter

Die Lichtmessstrecke muss mit mindestens fünf Neutraldichtefiltern im Bereich der optischen Dichte von 0,05 bis 2,0 kalibriert werden. Die mit dem gemessenen Signal des Lichtempfängers berechnete optische Dichte muss innerhalb von entweder  $\pm 5\%$  oder  $\pm 0,01$  des angegebenen Wertes der Filter liegen.

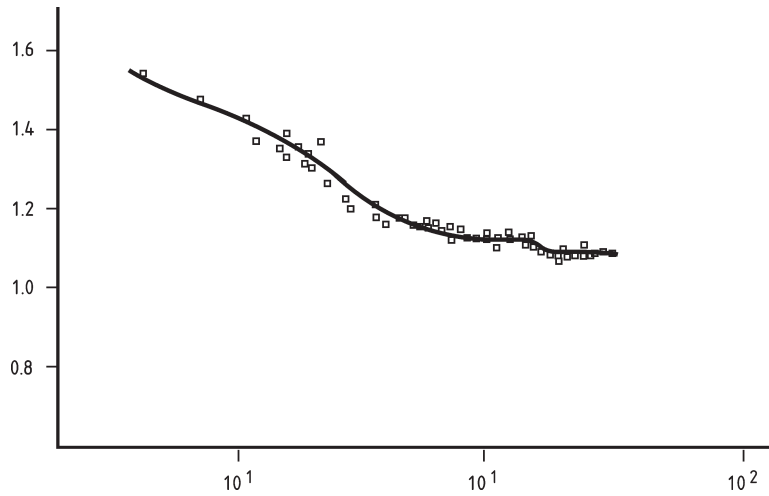
Maße in mm



- 1 zu  $\Delta p$  Instrument
- 2 Variable Länge des unterstützenden Rohres
- 3 Schweißnaht

ANMERKUNG Entnommen von McCaffrey und Heskestad.

**Bild D.1 — Bidirectionale Sonde**



ANMERKUNG 1 Herkunft: MCCAFFREY and HESKESTAD. *Combustion and Flame*, 26 (1976).

ANMERKUNG 2 Die Druckdifferenzen wurden mit einem feinfühligem elektronischen Manometer gemessen; die gleichmäßigen niedrigen Durchflussraten wurden von zwei unabhängigen Seiten, die in McCaffrey und Heskestad beschrieben werden, angegeben. Grundsätzlich war zur Ermittlung der Durchflussraten ein Hitzedraht-Anemometer und ein Pitot-Rohr (statisches) angemessen. Zur Datenreduktion mit dem Computer ergaben die in Bild D.3 gezeigten Punkte die folgende mathematische Annäherung als Polynom:

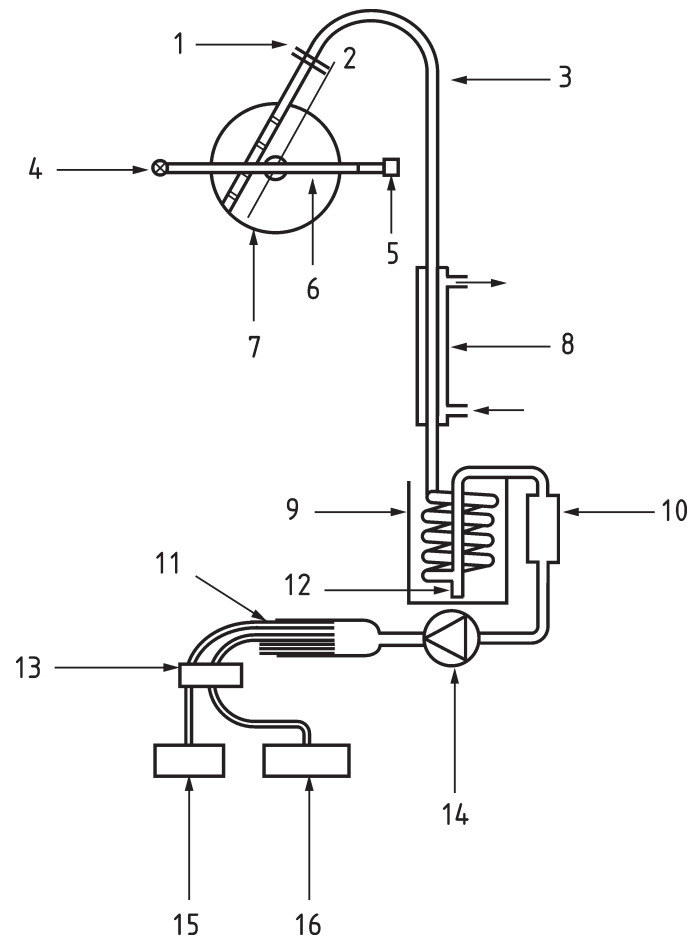
$$\begin{aligned} \frac{(2\Delta p / \rho)^{1/2}}{V} = & 1,533 - 1,366 \times 10^{-3} Re \\ & + 1,688 \times 10^{-6} Re^2 - 9,706 \times 10^{-10} Re^3 \\ & + 2,555 \times 10^{-13} Re^4 - 2,484 \times 10^{-17} Re^5 \end{aligned}$$

Diese Darstellung ist gültig für  $40 < Re < 3\,800$  und hat eine Genauigkeit von ca. 5 %.

ANMERKUNG 3 Ein geeigneter Wert von D ist 16 mm.

**Bild D.2 — Ergebnis der Sonde über der Reynolds Zahl**

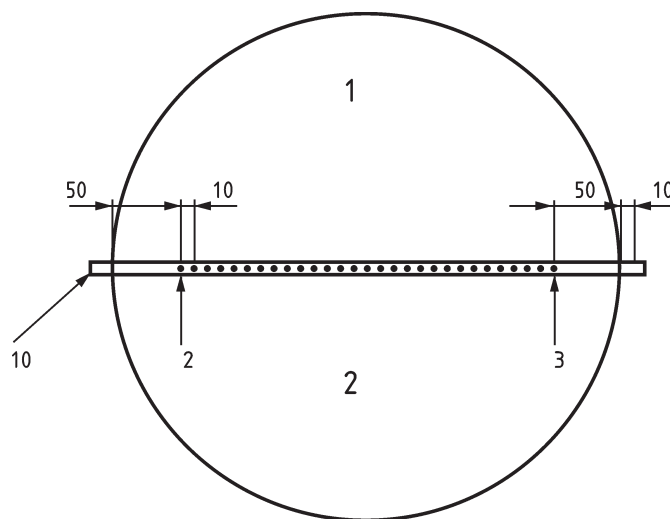




- |  |   |
|--|---|
| 1 Glasfilter 150 µm bis 200 µm                               | 9 Kühlbox   |
| 2 Thermoelemente   | 10 Membranfilter 3 µm                               |
| 3 Probenentnahmestrecke aus nichtrostendem Stahl mit Ø 10 mm | 11 zusätzliches Gas                                 |
| 4 Lampe  | 12 Entwässerung                                     |
| 5 Fotozelle  | 13 Filter zur Aufnahme von Wasser                   |
| 6 Pitot Röhre  | 14 Membranpumpe                                     |
| 7 Rauchabzug   | 15 Paramagnetische Zelle (O <sub>2</sub> )          |
| 8 Wasserkühler   | 16 Infrarot-Spektrofotometer (CO, CO <sub>2</sub> ) |

Bild D.3 — Prinzipien der Probenentnahmestrecke mit Gasanalysegerät

Maße in mm



- 1 Rauchabzug
- 2 Löcher an der geneigten Seite

**Bild D.4 — Probenahmesonde**

## Anhang E (normativ)

### Berechnungen

#### E.1 Volumenstrom

Für die Messinstrumente, die in D.1 beschrieben sind, ist der Volumenstrom,  $\dot{V}_{298}$ , im Rauchabzug, der in Kubikmeter pro Sekunde angegeben wird und sich auf einen atmosphärischen Druck und einer Umgebungstemperatur von 25 °C bezieht, durch die folgende Gleichung gegeben:

$$\dot{V}_{298} = (Ak_t / k_p) \times \frac{1}{\rho_{298}} \times (2\Delta p T_o \rho_o / T_s)^{1/2} \quad (\text{E.1})$$

$$= 22,4 (Ak_t / k_p) (\Delta p / T_s)^{1/2} \quad (\text{E.2})$$

Dabei ist

$T_s$  die Rauchgastemperatur im Abzug (K);

$T_o = 273,15 \text{ K}$ ;

$\Delta p$  die Druckdifferenz, die durch die bidirectionale Sonde gemessen wird (Pa);

$\rho_{298}$  die Dichte der Luft bei 25 °C und atmosphärischen Druck ( $\text{kg m}^{-3}$ );

$\rho_o$  die Dichte der Luft bei 0 °C und 0,1 MPa ( $\text{kg m}^{-3}$ );

$A$  die Querschnittsfläche des Rauchabzuges ( $\text{m}^2$ );

$k_t$  das Verhältnis des mittleren Massenstromes pro Flächeneinheit zum Massenstrom pro Flächeneinheit in der Mitte des Rauchabzuges;

$k_p$  die Reynolds Korrekturzahl für die bidirectionale Sonde nach Vorschlag von McCaffrey und Heskestad [6]. Im Rauchabzug sind die Verhältnisse derart, das Re im allgemeinen größer als 3 800 ist. Deshalb kann  $k_p$  als konstant angenommen werden und gleich 1,08 gesetzt werden.

In der Gleichung (E.1) wird angenommen, dass eine Änderungen in der Dichte des Verbrennungsgases (in Bezug auf Luft) nur durch eine Erhöhung der Temperatur bewirkt wird. Korrekturen auf Grund einer veränderten chemischen Zusammensetzung oder eines veränderten Feuchtegehalts dürfen vernachlässigt werden, außer in Untersuchungen bei einer Löschung mit Wasser. Die Kalibrierkonstante  $k_t$  wird durch Messungen der Temperatur und des Strömungsprofils innerhalb des Rauchabzuges entlang eines Durchmessers im Querschnittsbereich ermittelt. Mehrere Serien von Messungen sollten anhand von repräsentativen Massenströmen sowohl mit warmer als auch kalter Gasströmung durchgeführt werden. Die Fehlerabweichung bei der Bestimmung von  $k_t$  sollte  $\pm 3 \%$  nicht überschreiten.

#### E.2 Generierter Wärmeeffekt, Kalibrierung und Prüfverfahren

##### E.2.1 Wärmefreisetzungsrate von der Zündquelle

Während dem Kalibrierverfahren wird die Wärmefreisetzungsrate der Zündquelle,  $\dot{q}_b$ , die in Kilowatt angegeben wird, aus dem Verbrauch des Propangases aus der folgenden Gleichung ermittelt:

$$\dot{q}_b = \dot{m}_b \Delta h_{c,eff} \quad (E.3)$$

Dabei ist

$\dot{m}_b$  der Massenstrom des Propangases zum Brenner ( $\text{g s}^{-1}$ );

$\Delta h_{c,eff}$  der effektive untere Heizwert des Propangases ( $\text{kJ g}^{-1}$ ).

Bei Annahme eines Wirkgrades der Verbrennung von 100 %, kann  $\Delta h_{c,eff}$  zu  $46,4 \text{ kJ g}^{-1}$  gesetzt werden.

## E.2.2 Wärmefreisetzungsrate vom Bauprodukt

Vor der Zündung des Brenners (siehe 11.2.1) müssen die folgenden Parameter während einer Dauer von zwei Minuten aufgezeichnet werden:

- Die Umgebungstemperaturen ( $T_a$ ). Diese wird als mittlere Temperatur des Abzuges  $T_s$  über eine Dauer von einer Minute von  $t = -90 \text{ s}$  bis  $t = -30 \text{ s}$  genommen.
- Der erste Messwert des Sauerstoffes ( $x_{O_2}^0$ ) ist als mittlerer Wert über eine Minute von  $t = -90 \text{ s}$  bis  $t = -30 \text{ s}$  zu messen.
- Der erste Messwert des Kohlendioxids ( $x_{CO_2}^0$ ) ist als mittlerer Wert über eine Minute von  $t = -90 \text{ s}$  bis  $t = -30 \text{ s}$  zu messen.
- Der erste Messwert der Lichtstärke ( $I_0$ ) ist als mittlerer Wert über eine Minute von  $t = -90 \text{ s}$  bis  $t = -30 \text{ s}$  zu messen.

Die Wärmefreisetzungsrate  $\dot{q}$  in Kilowatt eines geprüften Bauproduktes wird aus der folgenden Gleichung ermittelt:

$$\dot{q} = E^1 \dot{V}_{298} x_{O_2}^a \left( \frac{\phi}{\phi(\alpha - 1) + 1} \right) \frac{E^1}{E_{C_3H_8}} \dot{q}_b \quad (E.4)$$

Mit  $\Phi$  als Sauerstoffverbrauchs-faktors:

$$\phi = \frac{x_{O_2}^0 (1 - x_{CO_2}) - x_{O_2} (1 - x_{CO_2}^0)}{x_{O_2}^0 (1 - x_{CO_2} - x_{O_2})} \quad (E.5)$$

Und ( $x_{O_2}^a$ ) dem Molanteil von Sauerstoff in der Umgebungsluft:

$$x_{O_2}^a = x_{O_2}^0 \left[ 1 - \frac{H}{100p} \exp \left\{ 23,2 - \frac{3816}{T_a - 46} \right\} \right] \quad (E.6)$$

Dabei ist

$E$  ist die Wärmefreisetzung pro verbrauchtem Volumen Sauerstoff bei 298 K, in ( $\text{kJ m}^{-3}$ ),  $E^1 = 17,2 \times 10^3 \text{ kJ m}^{-3}$  (bei  $25^\circ\text{C}$ ) für die Verbrennung des geprüften Bauproduktes. Wenn ein anderer Wert für  $E$  benutzt wird, ist dies festzuhalten und zu begründen;  $E_{C_3H_8} = 16,8 \times 10^3 \text{ kJ m}^{-3}$  (bei  $25^\circ\text{C}$ ) für die Verbrennung von Propangas;

$E_{CH_3OH} = 17,3 \times 10^3 \text{ kJ m}^{-3}$  für die Verbrennung von Methanol.

$\dot{V}_{298}$  die Volumenstromrate des Gases im Rauchabzug bei atmosphärischem Druck und einer Temperatur von 25 °C, berechnet nach E.1 und angegeben in (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>);

$\alpha$  der Expansionsfaktor aufgrund einer chemischen Reaktion der Luft, der dabei der Sauerstoff entzogen wird ( $\alpha = 1,105$  für die Verbrennung des geprüften Bauprodukts);

$x_{O_2}^a$  der Molanteil von Sauerstoff in der Umgebungsluft einschließlich von Wasserdampf;

$x_{O_2}^0$  der erste Wert der Ablesung des Sauerstoffanalysegerätes ausgedrückt als Molanteil;

$x_{O_2}$  die Ablesung des Sauerstoffanalysegerätes während der Prüfung ausgedrückt als Molanteil;

$x_{CO_2}^0$  der erste Wert der Ablesung des Kohlendioxidanalysegerätes ausgedrückt als Molanteil;

$x_{CO_2}$  die Ablesung des Kohlendioxidanalysegerätes während der Prüfung ausgedrückt als Molanteil;

$H$  die relative Feuchte [%];

$p$  der Umgebungsdruck [Pa];

$\dot{q}_b$  die Wärmefreisetzungsrate des Brenners

ANMERKUNG 12 das Abziehen der Wärmefreisetzung durch den Brenner zu Beginn der Prüfung wird einen negativen Wert von  $\dot{q}$  bewirken. Dies ergibt sich daraus, das Verbrennungsgase noch im Brandraum sind, Strömungszeit zur Abzugshaube, usw.. Alle negativen Werte von  $\dot{q}$  sollten Null gesetzt werden.

### E.2.3 Berechnung der gesamten Wärmefreisetzung

Die gesamte Wärmefreisetzung,  $THR$ , des geprüften Bauproduktes berechnet sich zu:

$$THR(t) = \frac{1}{1000} \sum_{0s}^t HRR(t) \cdot 3s \quad (E7)$$

Dabei ist

$THR(t)$  die gesamte Wärmefreisetzung während 0 s bis t s (MJ);

$HRR(t)$  die Wärmefreisetzungsrate (kW).

Die Zeit  $t$  wird entsprechend von Anforderungen ausgewählt. Die Zeit  $t$  kann die Zeit am Ende der Prüfung sein oder eine Aufzeichnung vor der Zeit des Flammenüberschlages nach E.5.1.

### E.2.4 Einschränkungen

Die Gleichungen (E.3) bis (E.6) basieren auf bestimmten Annäherungen, sie zu den folgenden Einschränkungen führen:

- Der produzierte CO Anteil bleibt unberücksichtigt. Normalerweise ist der Fehler vernachlässigbar. Da die of CO Konzentration gemessen wird, können Korrekturen für die Fälle berechnet werden, bei denen der Einfluss von unvollständiger Verbrennung quantifizieren werden muss.
- Der Einfluss von Wasserdampf auf die Messung des Volumenstroms und der Gasanalyse wird nur teilweise berücksichtigt. Eine Korrektur dieses Fehlers kann nur erhalten werden, wenn eine fortlaufende Messung des teilweisen Wasserdampfdruckes erfolgt.

- c) Der Wert von  $17,2 \text{ MJ m}^{-3}$  für den Faktor E ist der mittlere Wert einer großen Anzahl von Bauprodukten und gibt in den meisten Fällen eine angemessene Genauigkeit. Dieser Wert sollte benutzt werden, es sei denn, es ist ein genauerer bekannt. In diesem Fall sollte der benutzte E-Wert festgehalten werden. In den Tabellen E.1 und E.2 sind Beispiele von E-Werten aufgeführt.

Diese akkumulierten Fehler sollten im Normalfall kleiner als 10 % sein.

### E.3 Verbrennungsgase

Durch die Messung des Molanteils eines bestimmten Gases ist es möglich, die unmittelbare Gasentwicklungsrate  $\dot{V}_{gas}$  zu bestimmen, die in Kubikmeter durch Sekunde bei 0,1 MPa und 25 °C angegeben wird ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ). Weiterhin ist es möglich, dabei die Gesamtmenge der Gasentwicklung  $V_{gas}$ , zu bestimmen, die in Kubikmeter bei 0,1 MPa und 25 °C ( $\text{m}^3$ ) angegeben wird. Diese ergeben sich aus:

$$\dot{V}_{gas} = \dot{V}_{298} x_i \quad \text{E.8}$$

$$V_{gas} = \int_0^t \dot{V}_{gas} dt \quad \text{E.9}$$

Dabei ist

$\dot{V}_{298}$  die Volumenstromrate im Rauchabzug bei 0,1 MPa und 25 °C ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ );

$x_i$  der Molanteil des bestimmten Gases im Analysegerät;

$t$  die Zeit von der Entzündung ab (s).

Anmerkung siehe E.2.2 wegen der Korrektur von Wasserdampf.

### E.4 Lichtschwächung

Die optische Dichte wird durch den Koeffizienten  $k$  ( $\text{m}^{-1}$ ) beschrieben und ist wie folgt definiert:

$$k = \frac{1}{L} \ln \left[ \frac{I_0}{I} \right] \quad \text{E.10}$$

Dabei ist

$I_0$  die Lichtstärke eines Lichtbündels aus parallelen Strahlen, der in einer rauchfreien Umgebung von einem Lichtempfänger gemessen wird, der die gleiche spektrale Feinfühligkeit wie das menschliche Auge hat;

$I$  die Lichtstärke eines Lichtbündels aus parallelen Strahlen, der über eine bestimmte Länge durch Rauch hindurchgegangen ist;

$L$  die Länge des Strahls durch den Rauch hindurch (m).

Die unmittelbare Raumentwicklungsrate  $SPR$  in Quadratmetern durch Sekunde ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ) und die Gesamtmenge von Rauch  $TSP$  in Quadratmetern, ( $\text{m}^2$ ) werden wie folgt berechnet:

$$SPR(t) = k \dot{V}_s \quad \text{E.11}$$

Dabei ist

$\dot{V}_s$  die Volumenstromrate im Rauchabzug bei der tatsächlichen Gastemperaturen im Abzug ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ );

$t$  die Zeit von der Zündung des Brenners ab (s).

#### E.4.1 Berechnung von $SPR_{smooth}$

$SPR_{smooth}(t)$  ist der Mittelwert von  $SPR(t)$  über 60 s entsprechend der Berechnung nach Gleichung E.12.

$$SPR_{smooth}(t) = \frac{SPR(t - 30s) + SPR(t - 27s) + \dots + SPR(t + 27s) + SPR(t + 30s)}{21} \quad (E.12)$$

Während eines Flammenüberschlages in der ersten oder letzten Minute einer Prüfung ist die Berechnung von  $SPR_{smooth}$  nach (E.12) nicht möglich, da die erforderlichen 21 Aufzeichnungen nicht vorliegen. Für diese Fälle ist das unten aufgeführten Verfahren anzuwenden.

Prüfbeginn:

Für  $t = 0$  s:  $SPR_{smooth} = 0 \text{ m}^2/\text{s}$

Für  $t = 3$  s:  $SPR_{smooth} = SPR$  Mittelwert über eine Dauer (0s...6s)

Für  $t = 6$  s:  $SPR_{smooth} = SPR$  Mittelwert über eine Dauer (0s...12s)

Für  $t = 27$  s:  $SPR_{smooth} = SPR$  Mittelwert über eine Dauer (0s...54s)

Für  $t \geq 30$  s:  $SPR_{smooth}$  wird nach Gleichung (E.12) berechnet

Prüfende:

$SPR_{smooth}$  wird nach Gleichung (E.12) berechnet bis der Messwert  $SPR(t+30 \text{ s})$  eine Aufzeichnung vor dem Flammenüberschlag ist oder, wenn kein Flammenüberschlag vorliegt, bis  $SPR(t+30 \text{ s}) = 19 \text{ min } 57\text{s}$ . Dies bedeutet, dass keine Werte für  $SPR_{smooth}$  für die letzten zehn Aufzeichnungen, d. h. während der letzten 30 s der Prüfung vorliegen.

Flammenüberschlag ist schneller als 60s:

Ist der Flammenüberschlag in weniger als 60s, erfolgt, wird  $SPR_{smooth}$  als die mittlere Zeit über das gesamte Zeitintervall berechnet. Der zugehörige Wert von  $t$  wird als der Wert in der Mitte des Zeitintervalls gewählt.

#### E.4.2 Berechnung von $TSP$

Die gesamte Rauchentwicklung  $TSP(t)$  wird berechnet als:

$$TSP(t) = \sum_{0s}^t SPR(t) \cdot 3s \quad (E13)$$

Dabei ist

$TSP(t)$  die gesamte Rauchentwicklung zwischen 0 s bis  $t$  s ( $\text{m}^2$ );

$SPR(t)$  die Rauchentwicklungsrate ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).

Die Zeit  $t$  wird entsprechend von Anforderungen ausgewählt. Die Zeit  $t$  kann die Zeit am Ende der Prüfung sein oder eine Aufzeichnung vor der Zeit des Flammenüberschlages nach E.5.1.

### E.5 Berechnung des *FIGRA* and *SMOGRA*

#### E.5.1 Zeit bis zum Flammenüberschlag

Die Zeit bis zum Flammenüberschlag ist die Zeit, in der die gesamte Wärmefreisetzungsrate  $HRR$  1000 kW beträgt. Sie ist durch Linearinterpolation zwischen den beiden nächstgelegenen Messpunkten zu ermitteln.

### E.5.2 Berechnung des FIGRA, Fire Growth Rate Wert

$$FIGRA = PeakHRR_{product}/t \text{ (kW/s)} \quad (E14)$$

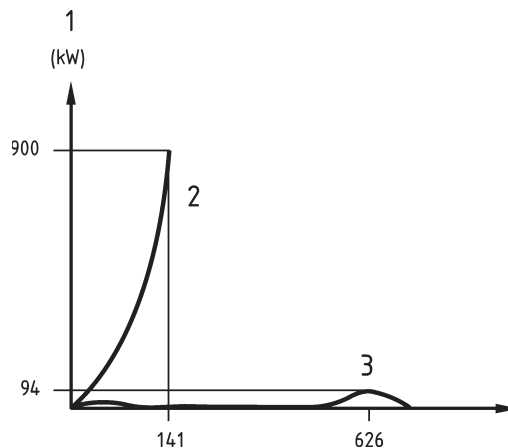
Dabei ist

$PeakHRR_{product}$  die maximale Wärmefreisetzungsrate  $HRR$  des Bauproduktes (der Beitrag der Zündquelle ist ausgeschlossen) während der Prüfung.

$t$  die Prüfzeit in s

Zum Zeitpunkt des Flammenüberschlags ist die gesamte Wärmefreisetzungsrate  $HRR$  1000 kW, siehe die Definition. Dies bedeutet, dass der Maximalwert der Wärmefreisetzungsrate  $HRR$  eines Bauproduktes entweder 900 kW oder 700 kW beträgt. Dies ist abhängig davon, ob ein Flammenüberschlag auftritt, in welchem Fall die Wärmefreisetzungsrate der Zündquelle 100 kW beträgt oder 300 kW, siehe Bild E.1. Wenn ein Flammenüberschlag auftritt, ist der aufgezeichnete  $FIGRA$ -Wert der, der zu dieser Zeit gültig ist.

Für sehr kleine Feuer, das heißt eine Wärmefreisetzungsrate  $HRR$  von höchstens 50 kW, kann der Index einen großen Anteil von Unsicherheiten und Steuerungen enthalten. Deshalb wird der  $FIGRA$  Null gesetzt, wenn die maximale Wärmefreisetzungsrate  $HRR$  kleiner als 50 kW ist.



- 1  $HRR$  vom Bauprodukt
- 2  $FIGRA = 900/141 = 6,4$
- 3  $FIGRA = 94/626 = 0,15$

Bild E.1 — Berechnung des FIGRA Index. Zwei typische Bauprodukte werden beschrieben

### E.5.3 Berechnung vom SMOGRA, SMOke Growth Rate Index

$$SMOGRA = 1000 PeakSPR_{smooth}/t \quad (E15)$$

Dabei ist

$PeakSPR_{smooth}$  die maximale Rauchentwicklungsrate  $SPR_{smooth}$  während der Prüfung nach E.4.1

$t$  die Prüfzeit in s.

Wenn die maximale Rauchentwicklungsrate  $SPR_{smooth}$  am Ende der Prüfung auftritt (zum Zeitpunkt eines Flammenüberschlags oder bei 20 min), dann wird die Prüfzeit  $t$  als die Zeit gewählt, bei der die letzte Berechnung von  $SPR_{smooth}$  durchgeführt wurde. Für eine Flammenüberschlagszeit von weniger als 60s ergibt sich nur ein Wert zur Rauchentwicklungsrate  $SPR_{smooth}$  und eine zugehörige Zeit  $t$ ; diese werden zur Berechnung von  $SMOGRA$  benutzt.

Alternativ können  $SMOGRA$  Werte in Form einer grafischen Darstellung vom Zeitpunkt der Zündung bis zum Flammenüberschlag angegeben werden.



Die Rauchentwicklung der Zündquelle ist gering und kann vernachlässigt werden. Deshalb ist eine Korrektur der Rauchentwicklung nicht erforderlich.

Wenn die Rauchentwicklung des Bauproduktes sehr gering ist, kann der Index einen hohen Grad von Ungewissheit enthalten und von der Rauchentwicklung des Brenners beeinflusst werden. Deshalb wird der *SMOGRA* Null gesetzt, wenn die maximale Rauchentwicklungsrate kleiner als  $0,3 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  ist.

**Tabelle E.1 — Heizwerte und Heizwerte bezogen auf einen Gramm verbrauchten Sauerstoff von typischen synthetischen Polymeren**

Brennstoff	wiederholender Grundbaustein	Heizwert kJ g <sup>-1</sup>	Heizwert je Gramm verbrauchten Sauerstoff kJ g <sup>-1</sup>
Polyethylen	-(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )-	- 43,28	- 12,65
Polypropylen	-(C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )-	- 43,31	- 12,66
Polyisobutylene	-(C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> )-	- 43,71	- 12,77
Polybutadiene	-(C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> )-	- 42,75	- 13,14
Polystyren	-(C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> )-	- 39,85	- 12,97
Poly(vinylchlorid)	-(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl)-	- 16,43	- 12,84
Poly(vinylidenchlorid)	-(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )-	- 8,99	- 13,61
Poly(vinylidenfluorid)	-(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>2</sub> )-	- 13,32	- 13,32
Poly(methylmethacrylat)	-(C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> )-	- 24,89	- 12,98
Polyacrylonitril	-(C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N)-	- 30,80	- 13,61
Polyoxymethylen	-(CH <sub>2</sub> O)-	- 15,46	- 14,50 <sup>1)</sup>
Poly(ethylenterephthalat)	-(C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub> )-	- 22,00	- 13,21
Polycarbonat	-(C <sub>16</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub> )-	- 29,72	- 13,12
Cellulosetriacetat	-(C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> O <sub>8</sub> )-	- 17,62	- 13,23
Nylon 6.6	-(C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> NO)-	- 29,58	- 12,67
Isobutenpolysulfon	-(C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> S)-	- 20,12	- 12,59
<b>ungewichteter Mittelwert</b>			<b>- 13,02</b>
ANMERKUNG 1 Der Referenz [7] entnommen (siehe Anhang H).			
ANMERKUNG 2 Reaktive und Produkte bei 25 °C. Brennstoffe sind feste Stoffe, alle Produkte sind gasförmig.			
<sup>1)</sup> Vom Mittelwert ausgenommener Wert.			

Table E.2 — Heizwerte und auf einen Gramm verbrauchten Sauerstoff bezogene Heizwerte von von ausgewählten natürlichen Brennstoffen

Brennstoff	Heizwert kJ g <sup>-1</sup>	Heizwert je Gramm verbrauchten Sauerstoff kJ g <sup>-1</sup>
Zellulose	– 16,09	– 13,59
Baumwolle	– 15,55	– 13,61
Zeitungsapier	– 18,40	– 13,40
Schachtel aus Wellpappe	– 16,04	– 13,70
Laubholz	– 19,30	– 12,28
Holz, Ahorn	– 17,76	– 12,51
Braunkohle	– 24,78	– 13,12
Kohle, bitumenhaltig	– 35,17	– 13,51
<b>Ungewichteter Mittelwert</b>		<b>– 13,21</b>
ANMERKUNG 1 Der Referenz [7] entnommen (siehe Anhang H).		
ANMERKUNG 2 Reaktive Materialien und Produkte bei 25 °C. Brennstoffe sind fest, alle Produkte sind gasförmig.		

## **Anhang F** (normativ)

### **Anordnung der Probe**

ANMERKUNG In Abhängigkeit von der praktischen Anwendung der zu prüfenden Probe und der besonderen Situation, die zu untersuchen ist, sind unterschiedliche Anordnungen der Probe möglich.

#### **F.1 Normanordnung der Probe**

Um reproduzierbare Prüfergebnisse zwischen Prüfstellen zu erreichen, wird geraten, die Wände (mit Ausnahme der Wand mit dem Durchgang) und die Decke mit dem Bauprodukt zu bekleiden. Bei dieser Anordnung handelt es sich um die Normanordnung der Probe.

#### **F.2 Alternative Probenanordnungen**

Der hier einzubringende Text ist abhängig von den Entscheidungen von **CEN TC 127 und den RG**

## Anhang G (informativ)

### Berechnungsbeispiele

#### G.1 Allgemeines

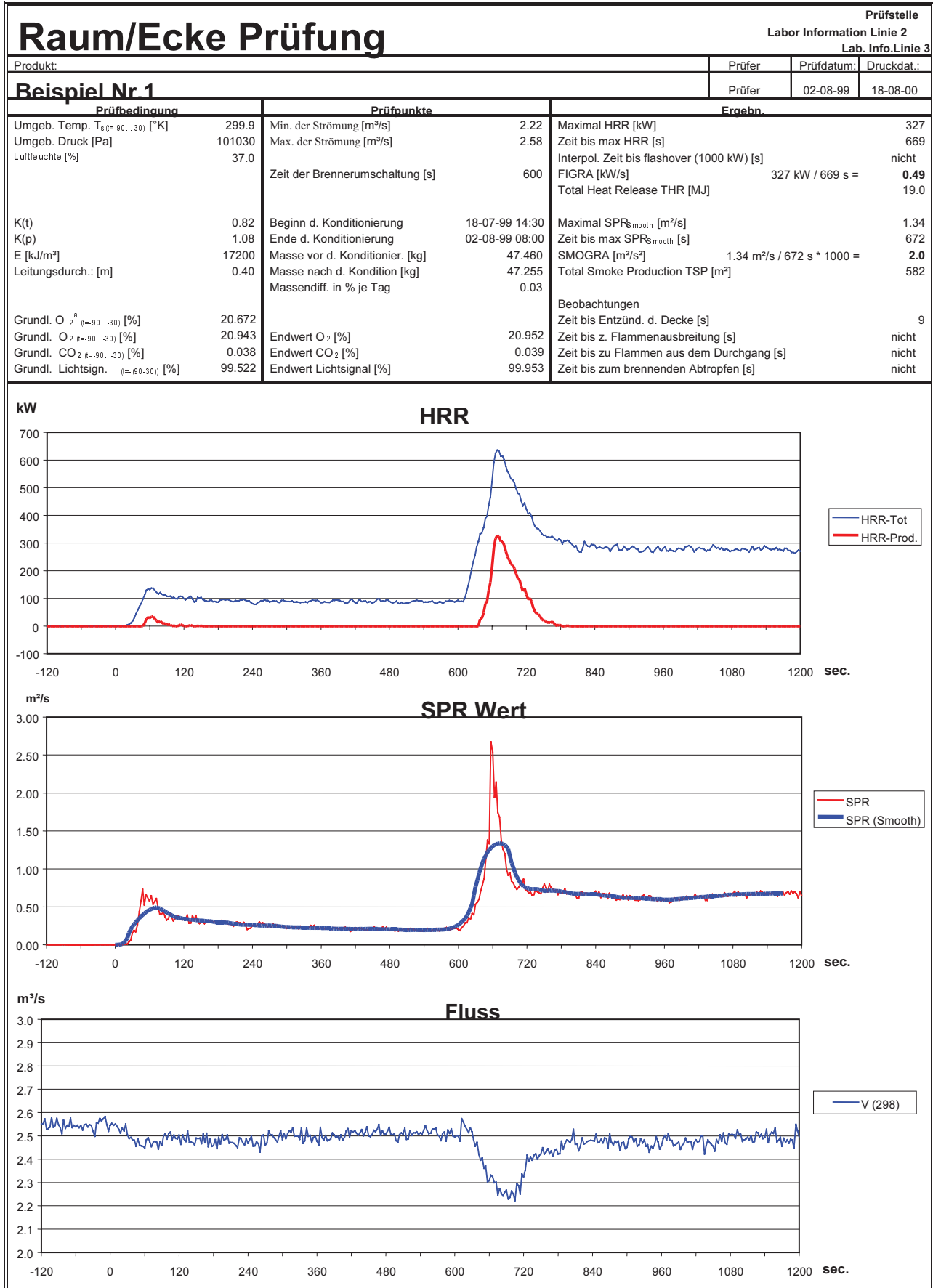
In diesem Anhang werden zwei Beispiele von Berechnungen nach Anhang E wiedergegeben. Beide Beispiele sind erstellte Beispiele und geben nicht das Brandverhalten von realen Bauprodukten wieder. Die erste Seite in jedem Beispiel ist ein allgemeines Datenblatt für die Prüfung, das alle Prüfbedingungen, zu prüfende Punkte und die endgültigen Ergebnisse wie die Berechnung von *FIGRA* und *SMOGRA* sowie die Diagramme zu *HRR*, *SPR* und den Volumenstrom enthält. Die folgenden Seiten geben Tabellen für die Berechnung aller Zeitstufen wieder einschließlich eines Vorschlages für eine Auflistung der Rohdaten.

#### G.2 Beispiel Nummer 1

Dies zeigt eine Prüfung, die über die volle Zeit hinweggeht und bei der das Bauprodukt einen kleinen Ausschlag entwickelt, nachdem die Brennerleistung auf 300 kW erhöht wird. Um die zu zeigenden Messdaten gering zu halten, werden lediglich die Stufen von -120 s bis 120 s und 540 s bis 780 s, wo der Ausschlag ist, aufgeführt.

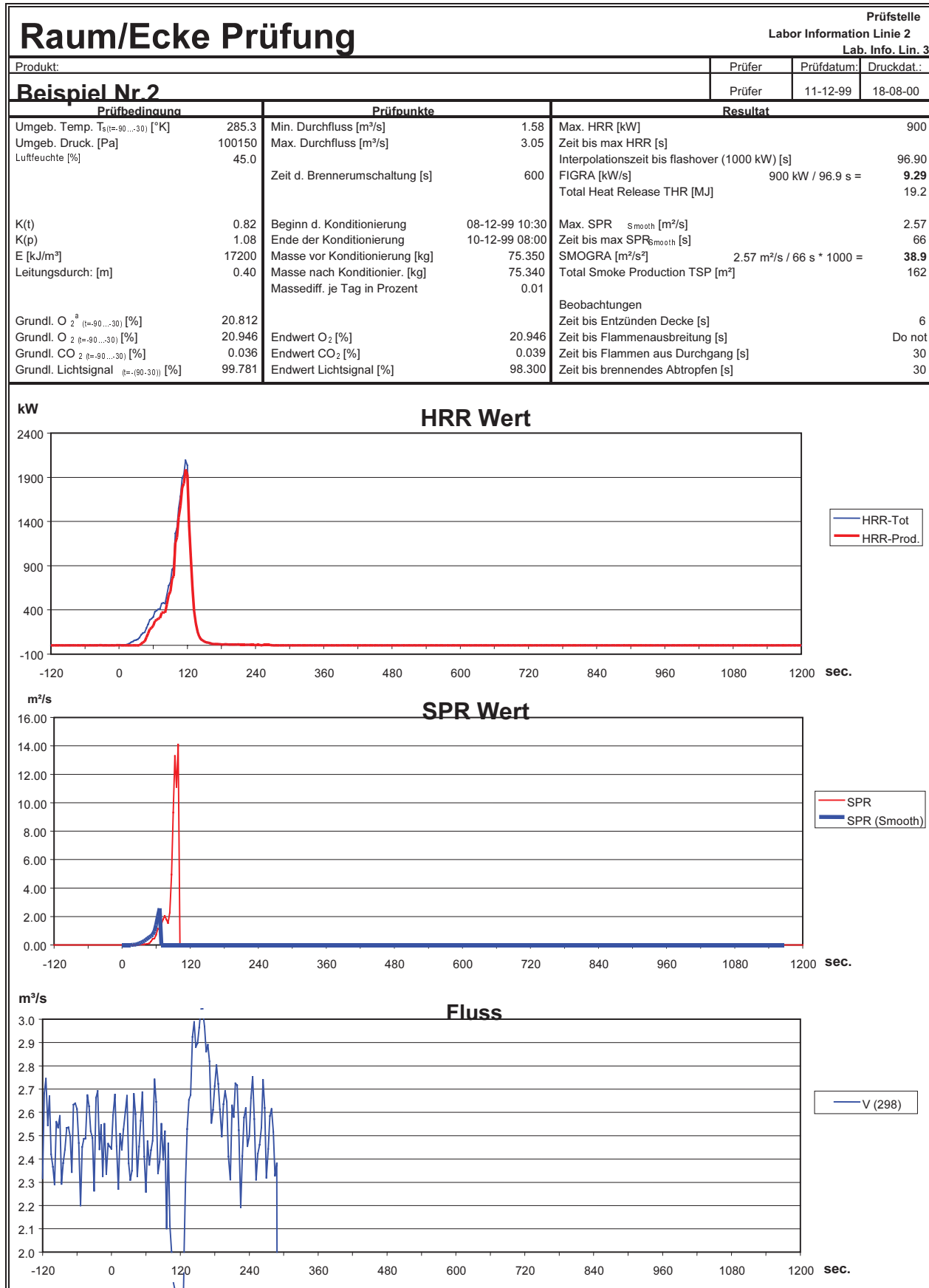
#### G.3 Beispiel Nummer 2

Dieses Beispiel gibt ein Bauprodukt wieder, bei dem nach kurzer Zeit ein Flammenüberschlag entsteht mit anschließender Beendigung der Prüfung.













## Anhang H (informativ)

### Genauigkeit

#### H.1 Genauigkeit der Kalibrierung

Während der Arbeiten zur Entwicklung des SBI Prüfverfahrens hat die Europäische Kommission eine Prüfreihe im Realmaßstab in Auftrag gegeben. Diese beinhaltet Untersuchungen zur Kalibrierung in verschiedenen europäischen Prüfstellen. Eine Zusammenfassung dieser Arbeit (Seite 1 ist zu beachten) ist im Folgenden in Tabelle H.1 dargestellt.

Tabelle H.1 — Zusammenfassung der Prüfungen zur Kalibrierung

Menge	mittlerer gemessener Wert, Labor Nr.:			
	1	2	3	4
<b>Methanol:</b> gemessener effektiver Heizwert, $\Delta H_{c, \text{eff}}$ . Berechnet als gesamte Wärmefreisetzung/gesamten Masseverlust. (kJ/g)	19,25	18,74	19,43	20,60
<b>Propan unter der Abzugshaube:</b> Abweichung von theoretischen Messwert bei einer Stufe von 100 kW und 300 kW. Berechnet als: (1 -gemessener Mittelwert HRR/tatsächliche Brennerleistung) in Prozent	100 kW: 1 % 300 kW: 1 %	100 kW: 1 % 300 kW: 1 %	100 kW: 1 % 300 kW: 0 %	100 kW: 0 % 300 kW: 2 %
<b>Propan im Brandraum:</b> Abweichung vom theoretischen Wert bei einer Stufe von 100 kW und 300 kW. Berechnet als: (1 -gemessener Mittelwert HRR/tatsächliche Brennerleistung) in Prozent	100 kW: 2 % 300 kW: 3 %	100 kW: 2 % 300 kW: 3 %	100 kW: 2 % 300 kW: 0 %	100 kW: 1 % 300 kW: 2 %

Es ergibt sich, dass die Kalibrierungen mit Methanol in allen Fällen innerhalb von sechs Prozent des theoretischen Wertes liegen, was als gut angesehen wird. Die Messergebnisse aus der Kalibrierung mit Propan liegen innerhalb von drei Prozent, was als sehr gut angesehen wird.

**Anhang I**  
(informativ)

**Literaturhinweise**

Informationen zur Anwendung eines Referenzszenarios für das SBI Prüfverfahren (EN 13823) können der Kommissionsentscheidung 2000/147/EC entnommen werden; siehe auch die folgende Anmerkung.

ANMERKUNG SUNDSTRÖM, B., VAN HEES, P., Thureson, P. Results and analysis from fire tests of building products in ISO 9705, the Room/Corner Test. The SBI research programme. SP REPORT 1998:11.