

Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden
Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen
Deutsche Fassung EN 13823:2002

DIN
EN 13823

ICS 13.220.50; 91.060.01; 91.100.01

Reaction to fire tests for building products —
Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a
single burning item;
German version EN 13823:2002

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 EN 13823:2002

Die Europäische Norm EN 13823:2002 hat den Status einer Deutschen Norm.

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 93 Seiten EN

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

— Leerseite —

ICS 13.220.50

Deutsche Fassung

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

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

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. November 2001 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	6
4 Prüfeinrichtung.....	7
4.1 Allgemeines.....	7
4.2 Prüfraum.....	7
4.3 Materialien.....	9
4.4 Prüfgerät.....	9
4.5 Rauchabzugssystem.....	11
4.6 Ausrüstung des allgemeinen Messabschnitts.....	11
4.7 Weitere allgemeine Messgeräte.....	12
5 Proben.....	13
5.1 Abmessungen der Proben.....	13
5.2 Einbau der Proben.....	13
5.2.1 Einbau wie in der praktischen Anwendung.....	13
5.2.2 Normgemäßer Einbau.....	13
5.3 Einbau der Proben auf dem Probenträgerwagen.....	15
5.4 Anzahl an Probekörpern.....	15
6 Konditionierung.....	15
7 Prinzip.....	16
8 Prüfverfahren.....	16
8.1 Allgemeines.....	16
8.2 Prüfablauf.....	16
8.3 Beobachtungen und manuelle Aufzeichnung von Daten.....	17
8.3.1 Allgemeines.....	17
8.3.2 Bedingungen vor der Prüfung.....	17
8.3.3 Seitliche Flammenausbreitung am breiten Probenflügel.....	17
8.3.4 Brennendes Abtropfen/Abfallen.....	17
8.3.5 Bedingungen zum Ende der Prüfung.....	18
8.3.6 Aufzuzeichnende Ereignisse.....	19
8.4 Automatische Datenerfassung.....	19
8.5 Frühzeitige Beendigung der Prüfung.....	19
9 Darstellung der Ergebnisse.....	20
10 Prüfbericht.....	20
Anhang A (normativ) Berechnungsverfahren.....	22
A.1 Allgemeines.....	22
A.1.1 Allgemeine Anmerkungen.....	22
A.1.2 Berechnungen, die mit den Messdaten durchgeführt werden.....	22
A.1.3 Berechnungen, die an den Kalibrierungsmesswerten durchgeführt werden.....	23
A.1.4 Norm-Messdatensatz.....	23
A.2 Anpassen von Messwerten.....	23
A.2.1 Anpassen von O ₂ und CO ₂ an T_{ms}	23
A.3 Überprüfung der Geräte-Ansprechzeit.....	25
A.3.1 Ansprechzeit der Brennerumschaltung.....	25
A.3.2 Temperaturmessungen.....	27
A.3.3 Drift in der Gaskonzentrationsmessung.....	27
A.3.4 Drift in der Messung der Lichtschwächung.....	27
A.4 Beflammungsdauer.....	28
A.5 Wärmefreisetzung.....	28
A.5.1 Berechnung der Wärmefreisetzungsrates (<i>HRR</i>).....	28

A.5.2	Berechnung von $THR(t)$ und THR_{600s}	31
A.5.3	Berechnung von $FIGRA_{0,2MJ}$ und $FIGRA_{0,4MJ}$ (Fire Growth RAte Werte)	31
A.6	Rauchentwicklung	32
A.6.1	Berechnung der Rauchentwicklungsrate SPR	32
A.6.2	Berechnung von $TSP(t)$ und TSP_{600s}	35
A.6.3	Berechnung von $SMOGR$ (SMOke Growth RAte index)	35
A.7	Berechnungen für die Kalibrierungen	36
A.7.1	Wärmefreisetzung durch Propangas	36
Anhang B (informativ) Genauigkeit des Prüfverfahrens		37
B.1	Allgemeine Bemerkungen und Ergebnisse.....	37
B.2	Berechnung der Versuchsergebnisse	38
B.3	Statistische Analyse	38
B.4	Statistische Ergebnisse.....	38
Anhang C (normativ) Kalibrierverfahren.....		42
C.1	Verfahren für einzelne Geräte.....	42
C.1.1	Allgemeines	42
C.1.2	Einstellung des Sauerstoff-Analysegeräts.....	42
C.1.3	Streuung und Drift des Ausgangssignals des Sauerstoff-Analysegeräts	42
C.1.4	Justierung des Kohlenstoffdioxid-Analysegeräts	43
C.1.5	Überprüfung des Propangas-Massenstrom-Reglers	43
C.1.6	Kalibrierung der Lichtmessstrecke	43
C.2	Kalibrierung der System-Ansprechzeiten	44
C.2.1	Kalibrierung durch schrittweise Änderung der Brennerleistung	44
C.2.2	Heptan Kalibrierung.....	48
C.2.3	Geschwindigkeitsprofil-Faktor $k_{t,V}$	50
C.2.4	Strömungsfaktor k_t	51
Anhang D (informativ) Kalibrierverfahren		52
D.1	Verfahren für getrennte Teile der Apparatur.....	52
D.1.1	Allgemeines	52
D.1.2	Einstellung des Sauerstoff-Analysegeräts.....	52
D.1.3	Einstellung des Kohlendioxid-Analysegeräts.....	52
D.1.4	Überprüfung des Propangas-Massenstrom-Reglers	53
D.1.5	Überprüfung mit optischen Filtern	53
D.2	Überprüfung der thermischen Beanspruchung auf den Proben	54
D.2.1	Allgemeines	54
D.2.2	Verfahren	54
Anhang E (normativ) Konstruktionszeichnungen		55
Anhang F (informativ) Format der Messdaten-Datei		90
Anhang G (informativ) Versuchsprotokoll		93

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 127 „Baulicher Brandschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juli 2002, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2003 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Einleitung

Die Klassifizierung des Brandverhaltens von Bauprodukten (OJ Nr. L241 S. 27 bis S. 28) definiert die einzelnen Klassen der Leistungsfähigkeit von Wand- und Deckenprodukten mit Ausnahme von Bodenbelägen und, davon getrennt, Bodenbelägen. Die entsprechenden Prüfverfahren für die Bestimmung der Leistungsfähigkeit werden durch CEN/TC127 erarbeitet.

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.

Besondere Vorsichtsmaßnahmen werden für das Propangas-Zufuhrsystem gefordert:

- Die Ausstattung wie Rohre, Verbindungen, Strömungsmessgeräte sollten für Propangas geeignet sein.
- Der Brenner sollte mit einer ferngesteuerten Zündeinrichtung, zum Beispiel einer Zündflamme oder einem Glühdraht, ausgerüstet sein. Ein Warnsystem für unkontrolliert austretendes Gas und ein Ventil für die sofortige und automatische Unterbrechung der Gaszufuhr für den Fall des Verlöschens der Zündflamme sollte vorhanden sein. Die Zündflammen kann auch direkt durch einen Prüftechniker gezündet werden, es sollte sich jedoch keine Person bei der Zündung eines Brenners im Prüfraum befinden.
- Es sollte möglich sein, die Umschaltung zwischen Hilfs- 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 zerstört werden kann).

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm beschreibt 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 der Entscheidung der Kommission 2000/147/EG aufgeführt sind. Die Berechnungsverfahren sind Anhang A zu entnehmen. Informationen zur Genauigkeit des Prüfverfahrens sind in Anhang B zu finden. Die Kalibrierverfahren sind Anhang C und Anhang D zu entnehmen, wobei Anhang C normativ ist.

ANMERKUNG Diese Europäische Norm wurde erstellt, um das Brandverhalten von im Wesentlichen ebenen Bauprodukten festzustellen. Die Behandlung von einigen Produktfamilien, z.B. lineare Bauprodukte (Rohre, Lüftungsleitungen, Kabel u.s.w.) können besondere Regeln erfordern.

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).

EN 60584-1, *Thermopaare — Teil 1: Grundwerte der Thermospannungen (IEC 584-1:1995)*.

EN 13501-1, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten — Teil 1: Klassifizierung mit Ergebnissen aus Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten*.

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

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN ISO 13943 und EN 13501-1 angegebenen und die folgenden Begriffe:

3.1 rückseitige Abschlussplatte

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

3.2 Probe

Teil eines Bauproduktes, das zu prüfen ist

ANMERKUNG 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}

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

3.5 LFS

seitliche Flammenausbreitung am breiten Probenflügel

ANMERKUNG Der LSF-Wert ist ausführlicher in 8.3.3 beschrieben.

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

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

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

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

ANMERKUNG Der *FIGRA*_{0,2 MJ} ist in A.5.3 genauer beschrieben.

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

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

ANMERKUNG Der *FIGRA*_{0,4 MJ} ist in A.5.3 genauer beschrieben.

3.9***SMOGRA***

smoke growth rate. Das Maximum des Quotienten aus der Rauchentwicklungsrate der Probe und dem zugehörigen Zeitpunkt

ANMERKUNG 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 13943:2000]

4 Prüfeinrichtung**4.1 Allgemeines**

Die SBI-Prüfeinrichtung besteht aus einem Prüfraum, dem Prüfgerät (Probenträgerwagen, Gestell, Brennern, Abzugshaube, Kollektor und Abzugsrohr), dem Rauchabzugssystem und der allgemeinen Messgeräteausstattung. Diese Komponenten sind in 4.2 bis 4.7 näher beschrieben. In Anhang E sind Konstruktionszeichnungen aufgeführt. Die in den Zeichnungen angegebenen Maße sind, sofern keine Abweichungen angegeben sind, nominelle Maße.

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

4.2 Prüfraum

4.2.1 Der Prüfraum muss innen eine Höhe von $(2,4 \pm 0,1)$ m und eine Grundfläche von $(3,0 \pm 0,2)$ m in beide Richtungen haben. Die Wände müssen gemauert sein (z. B. mit Porenbeton-Steinen) oder aus Gipsplatten, Calciumsilikatplatten oder anderen nach Euroklasse 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 vorgeschriebene Position steht, wird eine zusätzliche Tür benötigt.

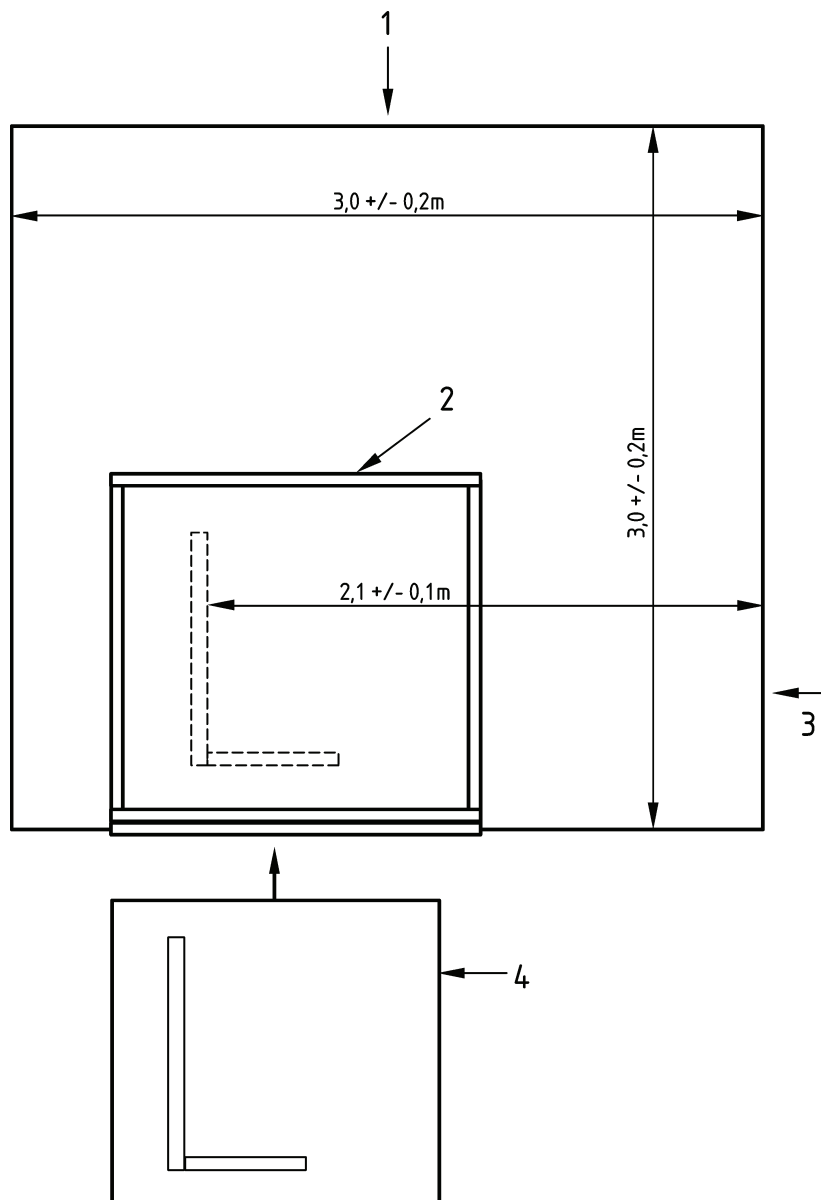
4.2.3 Steht der Probenträgerwagen an seiner vorgeschriebenen Position im Prüfraum, muss die Entfernung zwischen der Oberfläche des an das U-Profil angelegten breiten Probenflügels und der Wand des Prüfraums $(2,1 \pm 0,1)$ m betragen. Diese Entfernung muss rechtwinklig zu der dem breiten Probenflügel gegenüberliegenden

Wand gemessen werden. 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 m² 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.

ANMERKUNG 1 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 2 Die relative Position des Gestells im SBI-Prüfraum hängt von den Einzelheiten der relativen Position zwischen Prüfraum und Gestell ab.



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 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

Handelsübliches Propangas mit einem Reinheitsgrad von mindestens 95 %.

4.4 Prüfgerät

(siehe Bilder E.1 bis E.35 in Anhang E)

4.4.1 Probenträgerwagen, auf dem 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 die Öffnung der Wand des SBI-Prüfraums verschließt; der Lufteinlass unter dem Boden des Probenträgerwagens ist mit Lochblechen versehen (Lochfläche zur Gesamtfläche 40 % bis 60 %; Lochdurchmesser zwischen 8 mm und 12 mm), um eine gleichmäßig verteilte Strömung entlang dem Boden des Prüfraums zu erhalten.

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 (J-förmig), 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;
- 500 mm langes Rohrstück mit Befestigungsmöglichkeiten für vier Thermolemente (für eine optionale Temperaturmessung) in einem Abstand von mindestens 400 mm vom Kollektor;
- Rohrstück mit einer Länge von 1 000 mm;
- zwei 90°-Rohrbögen (Krümmungsradius der Rohrachse 400 mm);
- 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, angeordnet in einem Abstand von 50 mm nach den Rohrbögen; direkt hinter dem Einsatz befindet sich eine Ringblende mit einer Dicke von $(2 \pm 0,5)$ mm, einem inneren Öffnungsdurchmesser von 265 mm und einem äußeren Durchmesser vom 314 mm;
- Rohrstück mit einer Länge von 2 155 mm mit Befestigungsmöglichkeiten für eine Druck-Messsonde, vier Thermolemente, eine Gasentnahmesonde und eine Lichtmessstrecke; dieser Abschnitt wird als „allgemeiner Messabschnitt“ bezeichnet;
- Rohr mit einer Länge von 500 mm;
- Verbindung zum Abzug.

ANMERKUNG 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), einer (der „Hauptbrenner“) in der Bodenplatte des Probenträgerwagens angebracht, der andere (der „Nebenbrenner“) an einem vertikalen Profil des Gestells befestigt, mit den folgenden Spezifikationen:

- a) Form: Rechtwinkliges und gleichschenkliges Dreieck (Draufsicht) mit einer Schenkellänge von 250 mm. Die Höhe 80 mm, der Boden ist geschlossen bis auf einen 12,5 mm großen Rohranschluss im Schwerpunkt des Bodens und 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 nichtrostendem Stahlblech, mit einem 10 mm hohen Hohlraum ab Boden, darüber bis zu einer Höhe von 60 mm über Boden eine Schicht aus Kies mit einer Korngröße von 4 mm bis 8 mm, und bis zu einer Höhe von 80 mm aus einer obersten Schicht aus Sand mit einer Korngröße von 2 mm bis 4 mm. Das Metalldrahtgeflecht muss die zwei Schichten stabilisieren und verhindern, dass der Kies in den Gasrohranschluss fällt. Der Kies und der Sand bestehen aus abgerundetem Flusskies, nicht aus gebrochenen Split.
- c) Position des Hauptbrenners: befestigt im Unterbau (siehe Bild E.18) und verbunden mit dem U-Profil. Die Oberkante des Hauptbrenners muss sich auf Höhe der Oberkante des U-Profils ± 2 mm 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 vertikaler Verschluss (siehe Bild E.19) einzusetzen, der jeweils mit der Höhe der U-Profile abschließt und im Abstand von 0,3 m von der Ecklinie zwischen den befestigten Probenflügel liegt (am Rand der Brennerzone, siehe 8.3.4).
- f) Der Hauptbrenner muss mit einem angewinkelten Rost geschützt werden, wenn vorhergehende Versuche mit dem gleichen Produkttyp aufgrund des Abfallens von Material auf das Sandbett in Übereinstimmung mit 8.5 c) zu einem frühzeitigen Abbruch des Versuchs geführt haben. Der Rost muss ein Öffnungsverhältnis von mindestens 90 % haben. Eine Seite des Rosts muss auf die Hypotenuse des Hauptbrenners gesetzt werden. 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.

4.4.7 *Schutzschild* in rechteckiger Form, Breite (370 ± 5) mm, Höhe (550 ± 5) mm, aus einer Calciumsilikatplatte (Spezifikationen entsprechen 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 (siehe auch C.1.5).

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).

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 der die Wärmefreisetzung des Nebenbrenners abfällt und die Wärmefreisetzung des Hauptbrenners ansteigt). Diese Umschaltzeit, berechnet nach A.3.1, darf nicht mehr als 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 Rückseite der Proben nach hinten im Probenträgerwagen abschließen. Die Abschlussplatten müssen Calciumsilikatplatten mit einer Rohdichte von $(800 \pm 150) \text{ kg/m}^3$ und einer Dicke von $(12 \pm 3) \text{ mm}$ sein. Die Abschlussplatten müssen die folgenden Abmessungen haben:

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

Am schmalen Probenflügel ist die rückseitige Abschlussplatte breiter als die Probe. Diese zusätzliche Breite darf nur an einer Seite überstehen. Bei Proben mit Luftspalt sollte die Breite der rückseitigen Abschlussplatte für den breiten Probenflügel um die Breite des Luftspalts vergrößert werden.

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 halbierte Platten so ersetzt werden, dass diese nur die obere Hälfte der ursprünglichen Platten 22 und 25 ausfüllen.

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 dabei die Ventilation über der Probe unbeeinflusst bleibt. Das Austauschen des 180° Rohrwinkelstücks im Abzugsrohr mit der bidirektionalen Drucksonde darf erfolgen, vorausgesetzt es kann nachgewiesen werden, dass die Messgenauigkeit des Massenstromes sich dabei nicht verschlechtert.

ANMERKUNG 1 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.

ANMERKUNG 2 Das Abzugsrohr sollte regelmäßig gereinigt werden, um übermäßige Rußablagerungen zu vermeiden.

4.6 Ausrüstung des allgemeinen Messabschnitts

(siehe Bilder E.28 bis E.35)

4.6.1 Drei *Mantel-Thermoelemente* vom Typ K in Übereinstimmung mit EN 60584-1, Durchmesser 0,5 mm, isoliert. Die Position der Spitzen muss auf einem Radius von $(87 \pm 5) \text{ mm}$ um die Rohrachse und in einem gegenseitigen Winkelabstand von 120° liegen.

4.6.2 *Bidirektionale Sonde*, angeschlossen an einen Druck-Messumformer mit einem Messbereich von mindestens 0 Pa bis 100 Pa und einer Genauigkeit von $\pm 2 \text{ Pa}$. 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 ($V_{\text{O}_2}/V_{\text{Luft}}$) haben. Die Ansprechzeit des Analysegeräts darf nicht mehr als 12 s betragen (ermittelt gemäß C.2.1). Das Rauschen und die Drift des Analysegeräts darf nicht mehr als 100 ppm über eine Dauer von 30 Minuten (beide Größen nach C.1.3 bestimmt) betragen. Das Ausgangssignal des Analysegeräts zum Datenerfassungssystem muss eine Auflösung von maximal 100 ppm haben.

- b) Das CO₂-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.2.1) betragen. Das Ausgangssignal vom Analysegerät zum Datenerfassungssystem muss eine Auflösung von maximal 100 ppm haben.

4.6.4 Lichtmessstrecke, die mit weißem Licht arbeitet, 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 Blende der Fozelle 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 der CIE, die $V(\lambda)$ -Funktion (die CIE photooptischen Kurven) 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.1.6. Die 90% Ansprechzeit des Messsystems darf 3 s nicht überschreiten.

Spülluft muss derart in die seitlichen Rohre eingeführt werden, dass die Optik innerhalb der gegebenen Anforderungen an die Drift der Lichtschwächung sauber bleibt (siehe A.3.4). Anstelle dem in Bild E.34 angegebenen System der selbstansaugenden Spülluft darf Druckluft benutzt werden.

4.7 Weitere allgemeine Messgeräte

4.7.1 Thermoelement vom Typ K in Übereinstimmung mit EN 60584-1, 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 20 cm zu der Öffnung des Probenträgerwagens und in weniger als 20 cm 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 von gleich oder besser 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).

- Zeit, in s;
- Propangas-Massenstrom durch den Brenner, in mg/s;
- Druckdifferenz von der bidirektionalen Sonde, in Pa;
- Lichttransmission, dimensionslos;
- O₂ Konzentration, in $(V_{O_2}/V_{\text{Luft}})$ %;
- CO₂ Konzentration, in $(V_{CO_2}/V_{\text{Luft}})$ %;
- Umgebungstemperatur am Lufteinlass am Boden des Probenträgerwagens, in K;
- 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 Abmessungen haben:

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

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

5.1.2 Proben mit einer Dicke von mehr als 200 mm müssen auf eine Dicke von 200_{-10}^0 mm reduziert werden, 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 müssen auf der Vorderseite des breiten Probenflügels nahe der Außenkante, die der Ecke am weitesten entfernt liegt, gezogen werden, 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 normmäßige 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, müssen freistehend geprüft werden mit einem Abstand von mindestens 80 mm zu den rückseitigen Abschlussplatten. Platten, die in ihrer praktischen Anwendung hinterlüftet sind, müssen mit einem Hohlraum mit Breite von mindestens 40 mm geprüft werden. Für diese beiden Typen von Plattenanordnungen müssen die Außenränder des Hohlraums, die sich am weitesten von der Ecke entfernt befinden, offen bleiben. Dabei müssen die Plattenteile nach 4.4.11 entfernt werden und der Hohlraum hinter den beiden Probenflügeln der Proben durchgehend geöffnet sein. Für andere Typen von Plattenanordnungen 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 stehen.
- b) Platten, die in der praktischen Anwendung mechanisch auf einer Trägerplatte befestigt werden, müssen mit entsprechenden Befestigungsmitteln auf einer Trägerplatte befestigt geprüft werden. Befestigungen die aus der Probenoberfläche herausstehen, müssen so angeordnet sein, das der Probenflügel gegen das U-Profil am Boden und gegen den anderen Probenflügel an seiner Seite über die gesamte Länge unbehindert gestellt werden kann.
- c) Platten, die in ihrer praktischen Anwendung mechanisch derart auf einer Trägerplatte befestigt werden, dass dahinter ein Hohlraum entsteht, müssen mit einem Hohlraum zwischen Trägerplatte und rückseitiger Abschlussplatte geprüft werden. Der Abstand zwischen der Trägerplatte und der rückseitigen Abschlussplatte muss mindestens 40 mm betragen.

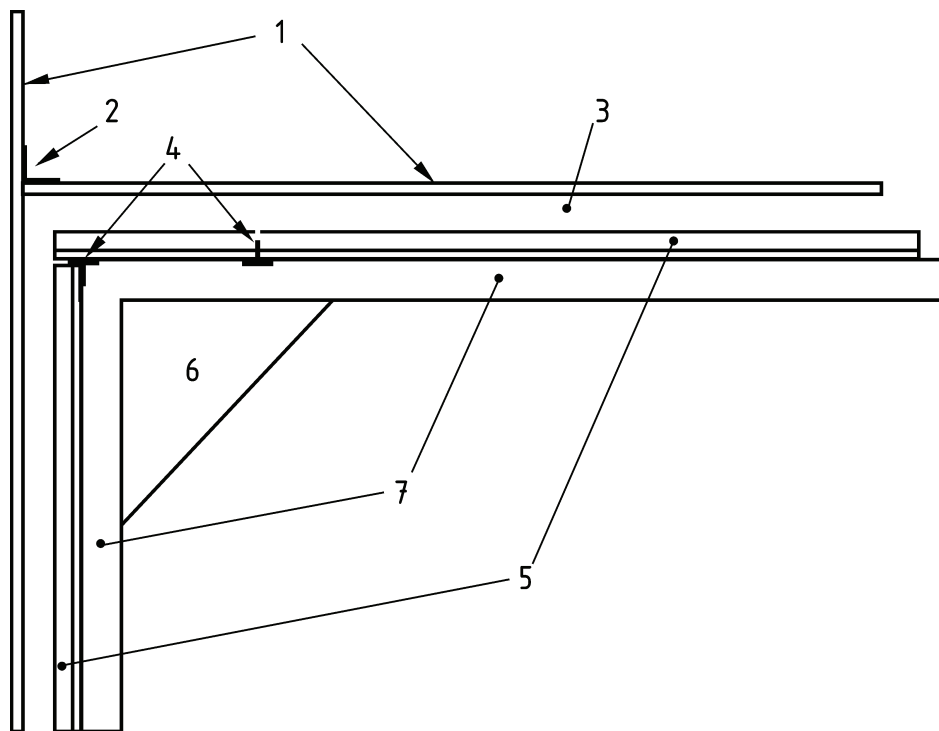
- d) Bauprodukte, die in ihrer praktischen Anwendung auf einer Trägerplatte verklebt werden, müssen auf einer Trägerplatte verklebt geprüft werden.
- e) Bauprodukte, die Fugen aufweisen, müssen mit einer horizontalen Fuge in einer Höhe von 500 mm über der Probenunterkante am breiten Probenflügel geprüft werden. 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 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-Profiles des Probeträgerwagens aus.

- f) Mehrschichtige Bauprodukte mit Hohlkammern müssen mit vertikal verlaufenden Hohlkammern geprüft werden.
- g) Norm-Trägerplatten müssen die Anforderungen nach EN 13238 erfüllen. Die Abmessungen der Trägerplatten müssen mit den Abmessungen der Probekörper übereinstimmen (siehe 5.1.1).
- h) Nichtebene Bauprodukte müssen so geprüft werden, dass sich nicht mehr als 30 % einer repräsentativen Fläche von 250 mm x 250 mm der der Beflammung ausgesetzten Oberfläche mehr als 10 mm hinter der vertikal verlaufenden Ebene durch die Rückseite des U-Profiles befinden. Unebene 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 über den Hauptbrenner hinausragen (d.h. der maximal zulässige Überstand über das U-Profil hinweg ist 40 mm).

ANMERKUNG 1 Bauprodukte werden für die Prüfung gegen die Rückseite des U-Profiles befestigt (siehe 5.3.1). Ein installiertes, vollkommen ebenes Bauprodukt liegt deshalb in der vertikalen Ebene zur Rückseite des U-Profiles. 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 vertikal verlängert gedachten Rückseite des U-Profiles befinden.

ANMERKUNG 2 Bild 2 zeigt ein Beispiel für die Anordnung von Proben und rückseitiger Abschlussplatte.



Legende

- | | | | |
|---|-----------------------------|---|------------------------------|
| 1 | rückseitige Abschlussplatte | 5 | Probenflügel der Probekörper |
| 2 | L-Profil | 6 | Hauptbrenner |
| 3 | Luftspalt | 7 | U-Profil |
| 4 | Fuge | | |

Bild 2 — Beispiel einer Anordnung von Probenflügel und rückseitiger Abschlussplatten

5.3 Einbau der Proben auf dem Probenträgerwagen

5.3.1 Die beiden Probenflügel werden im Probenträgerwagen wie folgt aufgebaut:

- a) Der kurze Probenflügel und die rückseitige Abschlussplatte werden im Probenträgerwagen eingebaut, 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 gestellt.
- b) Der breite Probenflügel wird in den Probenträgerwagen gestellt, mit der Außenkante der Probe und der 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 gestellt.
- c) Beide Probenflügel müssen oben und unten festgespannt werden.
- d) Um sicherzustellen, dass sich die durch die beiden Abschlussplatten gebildete Ecke während der Prüfung nicht öffnet, muss eine der beiden folgenden Möglichkeiten angewendet werden:
 - 1) Ein L-Profil aus Metall, Länge 1 500 mm, muss in die rückseitige Ecke der beiden Abschlussplatten gestellt werden. Das L-Profil ist an den Abschlussplatten in jeweils gleichen Abständen von maximal 250 mm zu befestigen.
 - 2) Stahlrahmen müssen hinter den Abschlussplatten aufgestellt werden.

5.3.2 Die ungeschützten Kanten der Proben und die Fuge in der Ecke dürfen durch Verwendung zusätzlicher Bauprodukte geschützt werden. Wenn zusätzliche Bauprodukte verwendet werden, muss die Breite der Probenflügel inklusive 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 Oberfläche 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 verwendet werden.

5.4 Anzahl an Probekörpern

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

6 Konditionierung

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

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

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

7 Prinzip

Eine Probe, 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 einen Zeitraum von 20 min beurteilt. Die das Brandverhalten beschreibenden Parameter sind: Wärmefreisetzungsrate, Rauchentwicklung, seitliche Flammenausbreitung und brennendes Abfallen/Abtropfen.

Eine kurze Dauer vor Zündung des Hauptbrenners wird dazu benutzt, die Wärmefreisetzungsrate und die Rauchentwicklung des Brenners für sich allein zu messen, indem ein identischer Brenner mit Abstand zum Probekörper verwendet wird („Nebenbrenner“).

Einige Messungen werden automatisch durchgeführt, andere werden durch visuelle Beobachtung gemacht. Das Rauchgas-Abzugsrohr ist mit Messwertaufnehmern zur Messung der Temperatur, der Lichtschwächung, des O_2 - und CO_2 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 Prüfen muss innerhalb von 2 h erfolgen.

8.2 Prüfablauf

8.2.1 Der abgesaugte Volumenstrom, $V_{298}(t)$, ist auf $(0,60 \pm 0,05)$ m³/s (berechnet nach A.5.1.1 a) einzustellen. Dieser Volumenstrom muss während der gesamten Prüfdauer im Bereich zwischen 0,50 m³/s bis 0,65 m³/s liegen.

ANMERKUNG Aufgrund von Änderungen in der Wärmefreisetzungsrate 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 im Abzugsrohr und die Umgebungstemperatur sind während mindestens 300 s aufzuzeichnen. Die Umgebungstemperatur muss innerhalb von (20 ± 10) °C liegen und die Temperaturen im Abzugsrohr dürfen um nicht mehr als 4°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 ist zu starten. Der Startzeitpunkt ist definiert durch $t = 0$ s. Die aufzuzeichnenden Daten sind in 8.4 aufgeführt.

8.2.6 Bei $t = (120 \pm 5)$ s: Der Nebenbrenner ist zu zünden und der Propangas-Massenstrom ist auf $m_{\text{gas}}(t) = (647 \pm 10)$ mg/s einzustellen. Die Einstellungen müssen vor $t = 150$ 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 Nebenbrenner auf den Hauptbrenner umzuschalten. Der Zeitpunkt der Zündung des Hauptbrenners ist aufzuzeichnen.

8.2.8 Das Brandverhalten der Probe ist über einen Zeitraum von 1 260 s zu beobachten und die Daten 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 einen Zeitraum 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.

ANMERKUNG Die Bedingungen am Ende der Prüfung sollten ohne den Einfluss einer noch anhaltenden Verbrennung aufgezeichnet werden. Falls es schwierig ist, die Probe 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 müssen durch visuelle Beobachtung erfasst und in dem vorgegebenen Format aufgezeichnet werden. Der Beobachter muss mit einem Zeitmessgerät mit der Möglichkeit von der Messung von Zwischenzeiten ausgestattet sein. Die Beobachtungen müssen in einem Prüfprotokoll aufgezeichnet werden, für das in Anhang G ein Beispiel aufgeführt ist.

8.3.2 Bedingungen vor der Prüfung

Die folgenden Größen müssen aufgezeichnet werden:

- a) Umgebungsdruck (Pa),
- b) relative Feuchte der Umgebungsluft (%H₂O).

8.3.3 Seitliche Flammenausbreitung am breiten Probenflügel

Die seitliche Flammenausbreitung muss aufgezeichnet werden, sobald anhaltende Flammen während der ersten 1 500 s der Prüfung die Außenkante des breiten Probenflügels in einer Höhe zwischen 500 mm und 1 000 mm erreichen. Entscheidend für die Bewertung ist anhaltendes Brennen über einen Zeitraum von mindestens 5 s auf der Probenoberfläche auftritt.

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

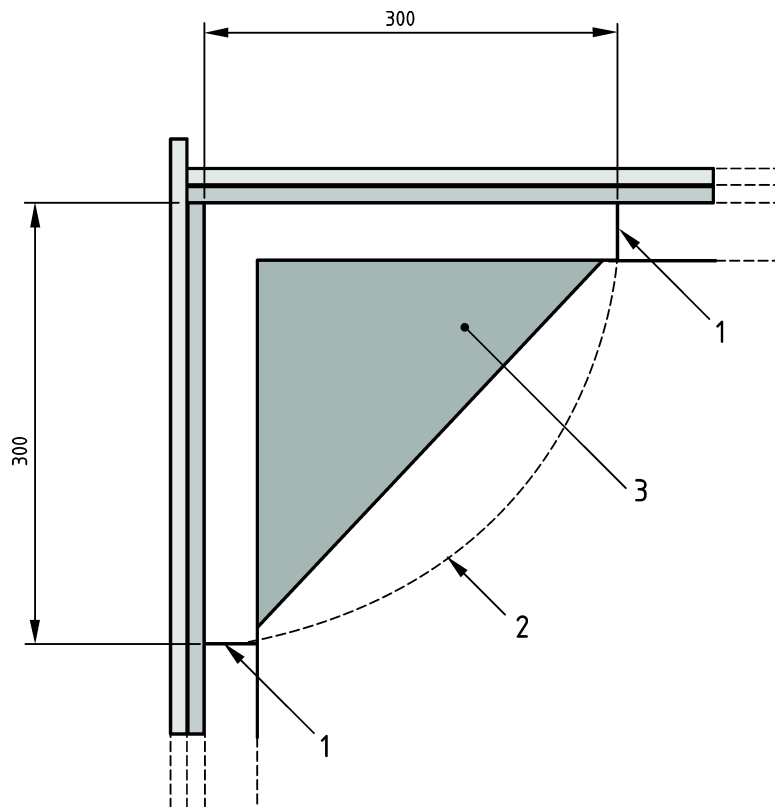
Brennendes Abtropfen oder Abfallen muss nur innerhalb der ersten 600 s der Beanspruchungsdauer und auch nur, wenn die Tropfen/Teile auf den Boden des Probenträgerwagens (in Höhe der Unterkante der Probe) außerhalb der Brennerzone fallen, aufgezeichnet werden. Diese Brennerzone ist definiert als der Abschnitt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

- 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.

ANMERKUNG 1 Brennende Teile des Probekörpers, die den Boden des Probenträgerwagens außerhalb der Brennerzone berühren, obwohl die betreffenden Teile noch am Probekörper festhängen (z. B. durch Abbiegen eines weichgewordenen Bauprodukts), werden als abgefallene Teile betrachtet.

ANMERKUNG 2 Um zu verhindern, dass geschmolzenes Material aus dem Bereich der Brennerzone herausfließt, ist nach 4.4.6 ein vertikaler Verschluss sowohl in dem U-Profil am breiten Probenflügel als auch im U-Profil am schmalen Probenflügel jeweils am Rand der Brennerzone vorgesehen.



Legende

- 1 Verschluss im U-Profil
- 2 Bereich der Brennerzone
- 3 Hauptbrenner

Bild 3 — Brennerzone

8.3.5 Bedingungen zum Ende der Prüfung

Die folgenden Größen müssen aufgezeichnet werden:

- 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 müssen im Prüfprotokoll aufgezeichnet werden:

- a) das Auftreten eines Oberflächen-Flashes an der Oberfläche;
- 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 gegenseitige 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 müssen automatisch alle 3 s während des in 8.2 angegebenen Zeitraums gemessen und aufgezeichnet und für die weitere Bearbeitung gespeichert werden.

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

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

8.4.4 Druckdifferenz zwischen den Kammern der bidirektionalen 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.

ANMERKUNG Die Sauerstoff- und Kohlendioxid-Konzentrationen werden nur im Abzugsrohr gemessen; es wird vorausgesetzt, dass beide Konzentrationen in der 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 Annahme 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 darf vor Ablauf der nominellen Beflammungsdauer abgestellt werden, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

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

- c) Material fällt auf das Sandbett des Brenners und stört erheblich die Flammen des Brenners oder erstickt die Brennerflammen. Wenn mindestens die halbe Fläche des Brenners durch herabfallendes Material bedeckt wird, wird von einer erheblichen Störung der Flammen ausgegangen.

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 1 Bei der Messung der Werte für die Temperaturen und Wärmefreisetzungsrate ist mit einem gewissen Grad an Rauschen zu rechnen. Daher ist es ratsam, die Prüfung nicht aufgrund von nur ein oder zwei aufeinanderfolgenden Messwerten des Messinstrumentes, die die vorgegebenen Maximalwerte überschreiten, zu beenden.

ANMERKUNG 2 Eine vorzeitige Beendigung der Prüfung nach c) kann durch Einsatz eines angewinkelten Rostes nach 4.4.6 verhindert werden.

9 Darstellung der Ergebnisse

9.1 Für jeden Brandversuch muss das Verhalten des Bauproduktes folgendermaßen dargestellt werden: durch Diagramme der mittleren Wärmefreisetzungsrate $HRR_{av}(t)$, der gesamten freigesetzten Energie $THR(t)$ und für $1000 \times HRR_{av}(t)/(t - 300)$ für das Zeitintervall $0 \leq t \leq 1500$ s, den Werten 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, Angaben zur seitlichen Flammenausbreitung bis zur Probenkante in Übereinstimmung mit 8.3.3.

9.2 Für jeden Brandversuch muss das Verhalten des Bauproduktes zur Rauchentwicklung des Bauproduktes durch Diagramme zu $SPR_{av}(t)$, zur gesamten freigesetzten Rauchmenge $TSP(t)$ und zu $10000 \times SPR_{av}(t)/(t - 300)$ für das Zeitintervall $0 \leq t \leq 1500$ s dargestellt werden. Außerdem durch die Angabe der Werte für $SMOGRA$ (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 brennendem Abfallen/Abtropfen durch Angaben 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 muss gemacht werden zwischen den Daten, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden und den Daten, die durch den Versuch bestimmt wurden:

- a) ein Hinweis darauf, dass die Prüfung in Übereinstimmung mit EN 13823 durchgeführt wurde;
- b) jede Abweichung von der Prüfmethode;
- 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;
- o) Fotos in Übereinstimmung mit 5.3.3;
- p) während der Prüfung gemachte Beobachtungen;
- q) die folgende Aussage: „Die Prüfergebnisse beziehen sich auf das Brandverhalten 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

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 Nebenbrenners;
- 3) $t = (300 \pm 5)$ s: Umschalten vom Hilfs- 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.

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.1.1.1 Bezeichnungen

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

$\overline{f}(t_1 \dots t_2)$ 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 der Brandverhaltens des Bauproduktes berechnet werden. Alle Berechnungen in diesem Anhang, mit Ausnahme der Berechnungen in A.2, müssen mit bezüglich der Zeit verschobenen Messdaten gemäß A.2 durchgeführt werden. Die folgenden Berechnungen müssen durchgeführt werden:

- 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 gemäß A.2 bis A.6 beschrieben wurden.

A.1.4 Norm-Messdatensatz

Da die Berechnungsmethoden komplex sind, kann ein Norm-Messdatensatz zum Üben 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 gemäß dem Kalibrierverfahren nach C.2.1, abweicht.

- a) Verschiebe die Messdaten für O_2 und CO_2 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 ($210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$).

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

Dabei ist:

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

- c) Die Zeit $t_{0_O_2}$ wird berechnet als die Zeit des letzten Messwertes, bevor die Sauerstoffkonzentration nach $t = 270$ s um mehr als 0,05 % (500ppm) angestiegen ist, im Vergleich zu dem zeitlichen Mittelwert während der Grundlinien-Zeit ($210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$):

$$x_{O_2}(t_{0_O_2}) - \overline{x_{O_2}}(210 \text{ s} \dots 270 \text{ s}) \leq 0,05 \% \wedge x_{O_2}(t_{0_O_2} + 3) - \overline{x_{O_2}}(210 \text{ s} \dots 270 \text{ s}) > 0,05 \% \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist:

x_{O_2} Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen.

- d) Die Zeit $t_{0_CO_2}$ wird berechnet als die Zeit des letzten Messwertes nach $t = 270$ s, bevor die Kohlenstoffdioxidkonzentration x_{CO_2} um mehr als 0,02 % (= 200 ppm) abfällt, bezogen auf den Mittelwert während der Grundlinien-Zeit ($210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$):

$$\overline{x_{CO_2}}(210 \text{ s} \dots 270 \text{ s}) - x_{CO_2}(t_{0_CO_2}) \leq 0,02 \% \wedge \overline{x_{CO_2}}(210 \text{ s} \dots 270 \text{ s}) - x_{CO_2}(t_{0_CO_2} + 3) > 0,02 \% \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist:

x_{CO_2} Kohlenstoffdioxidkonzentration in Mol-Anteilen.

- e) Die Messwerte für Sauerstoff und Kohlendioxid werden so verschoben, dass der O_2 -Anstieg und der CO_2 -Abfall zeitlich mit dem Absinken von T_{ms} (so dass $t_{0_T} = t_{0_O_2} = t_{0_CO_2}$) zusammenfallen. Die Intervalle, um die verschoben wird, dürfen nicht mehr als 6 s betragen.

$$x_{O_2}(t) = x_{O_2}(t - t_{0_T} + t_{0_O_2}) \quad (\text{A.4})$$

Dabei ist:

x_{O_2} die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen;

$t_{0_O_2}$ die Zeit wie unter c) angegeben;

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

Die gleiche Gleichung ist nach dem Ersetzen von O_2 durch CO_2 in der Gleichung für CO_2 gültig.

ANMERKUNG In einigen Fällen können die Kleinstwerte und Spitzenwerte aus dem hier beschriebene Verfahren für die Angleichung zu klein sein. In diesen Fällen ist eine optische Einschätzung für t_{0_T} , $t_{0_O_2}$ und/oder $t_{0_CO_2}$ möglich.

A.2.2 Alle Messwerte nach $t = 300$ s 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 , x_{O_2} , x_{CO_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 müssen an den zeitlich verschobenen Daten durchgeführt werden gemäß diesen Abschnitt.

A.3 Überprüfung der Geräte-Ansprechzeit

A.3.1 Ansprechzeit der Brennerumschaltung

Die Ansprechzeit der Brennerumschaltung ist die Differenz zwischen t_{up} und t_{down} , die definiert werden als:

- t_{up} ist der Zeitpunkt des ersten Messwertes, zu dem die Sauerstoffkonzentration die „90 %-Brennerleistungsstufe“ in Aufwärtsrichtung nach $t = 270$ s überschritten hat, und
- t_{down} ist die Zeit des ersten Messwertes danach, zu dem die Sauerstoffkonzentration das gleiche Niveau in Abwärtsrichtung unterschritten hat.

$$x_{\text{O}_2}(t_{\text{up}}) > 0,1 \overline{x_{\text{O}_2}}(30 \text{ s} \dots 90 \text{ s}) + 0,9 \overline{x_{\text{O}_2}}(210 \text{ s} \dots 270 \text{ s}) \quad (\text{A.5})$$

$$t_{\text{down}} > t_{\text{up}} \wedge x_{\text{O}_2}(t_{\text{down}}) < 0,1 \overline{x_{\text{O}_2}}(30 \text{ s} \dots 90 \text{ s}) + 0,9 \overline{x_{\text{O}_2}}(210 \text{ s} \dots 270 \text{ s}) \quad (\text{A.6})$$

Anforderung:

$$t_{\text{down}} - t_{\text{up}} \leq 12 \text{ s} \quad (\text{A.7})$$

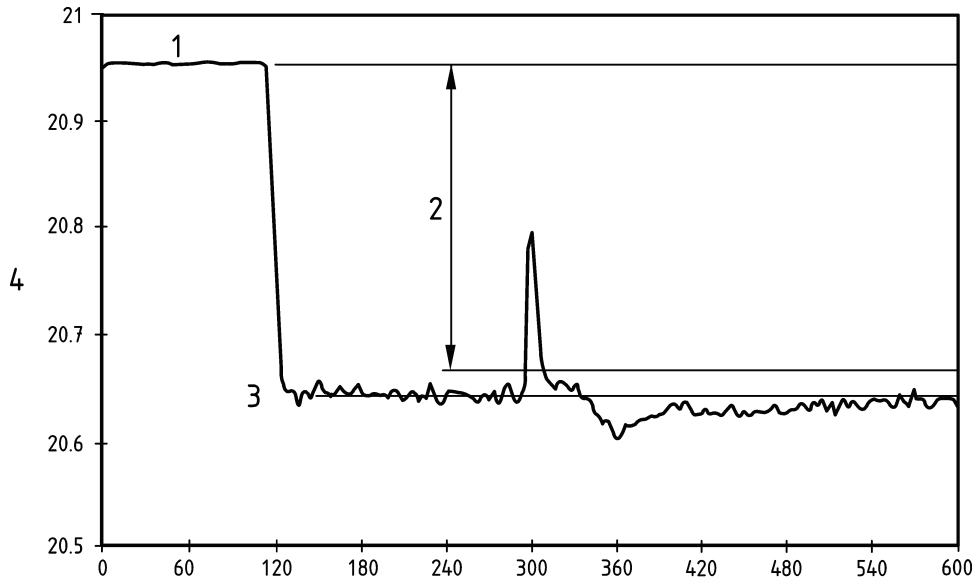
Dabei ist:

$x_{\text{O}_2}(t)$ ist die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen.

ANMERKUNG 1 Die Daten werden auf $t = 300$ s angepasst. Die Zeit t_{up} ist gleich 300 s oder 303 s, daher ist t_{down} niemals später als $t = 315$ s. Das Einhalten dieses Kriteriums ist von wesentlicher Bedeutung für die korrekte Bestimmung der *FIGRA*- und *SMOGRA*-Werte.

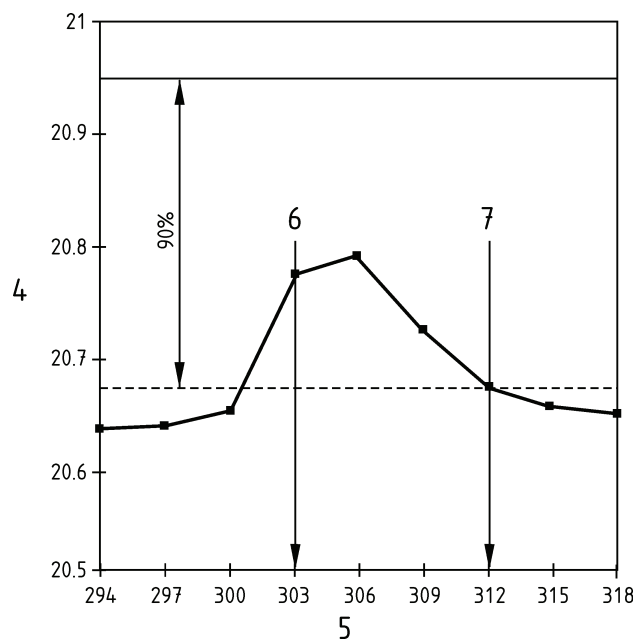
ANMERKUNG 2 Für eine kurze Zeit während des Umschaltens vom Nebenbrenner auf den Hauptbrenner (bei $t \approx 300$ s) ist die Gesamtwärmefreisetzung beider Brenner niedriger als die Norm-Wärmefreisetzung eines Brenners. Hieraus folgt, dass die Wärmefreisetzungsrate einen kurzzeitigen Kleinstwert und die Sauerstoffkonzentration einen kurzzeitigen Spitzenwert aufweist (siehe Bild A.1). Der kurzzeitige Spitzenwert von x_{O_2} liegt bei ca. 25 % bis 50 % über dem durchschnittlichen Wert eines Brenners. Die Breite dieser Spitze sollte schmal sein, weil diese „fehlende“ Wärmefreisetzung von der Wärmefreisetzung durch die Probe allein wie weiter unten beschrieben abgezogen wird. Die Breite dieser Spitze wird gemessen oberhalb des Niveaus von 90 % des bei Betrieb eines Brenners durchschnittlich erreichten Messwertes und wird als Ansprechzeit der Brennerumschaltung bezeichnet. In dem in Bild A.1 gezeigten Beispiel beträgt die Ansprechzeit 9 s.

ANMERKUNG 3 Die 90 %-Brennerleistungs-Stufe wird berechnet als 90 % der Differenz zwischen dem Niveau zu Versuchsbeginn und dem Niveau der Grundlinie, addiert zum Niveau zu Versuchsbeginn. Die Sauerstoffkonzentration zu Beginn der Prüfung ist die mittlere Sauerstoffkonzentration vor Zündung der Brenner ($30 \text{ s} \leq t \leq 90 \text{ s}$). Die Grundlinie der Sauerstoffkonzentration ist die mittlere Sauerstoffkonzentration während des Betriebs des Nebenbrenners ($210 \text{ s} \leq t \leq 270 \text{ s}$).



5

Bild A.1 a)



5

Bild A.1 b)

Legende

- 1 Niveau zu Versuchsbeginn
- 2 90 %-Brennerleistungs-Stufe
- 3 Niveau der Grundlinie
- 4 Sauerstoffkonzentration in Prozent
- 5 Zeit in s
- 6 t_{up} (= 300 s)
- 7 t_{down} (= 312 s)

ANMERKUNG Wesentliche Ereignisse: (1) Einschalten des Nebenbrenners bei $t \approx 120$ s, (2) Umschalten von Nebenbrenner auf Hauptbrenner bei $t \approx 300$ s. Das Zeitintervall um $t \approx 300$ s ist in Bild A.1 b) vergrößert dargestellt. Die berechnete Ansprechzeit des Hauptbrenners ist in diesem Fall 9 s.

Bild A.1 — Sauerstoffkonzentration während der ersten Versuchsphase

A.3.2 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 zu Berechnung von T_{ms} verwendet werden. Die Verwendung von nur zwei Thermoelementen muss im Prüfbericht angegeben werden.

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.3.3 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.

Anforderung:

$$|xO_{2_begin} - xO_{2_end}| \leq 0,02 \% \quad (A.8)$$

$$|xCO_{2_begin} - xCO_{2_end}| \leq 0,02 \% \quad (A.9)$$

Dabei ist:

xO_2 die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen;

xCO_2 die Kohlenstoffdioxidkonzentration in Mol-Anteilen.

A.3.4 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:

$$|I_{begin} - I_{end}|/I_{begin} \leq 0,02 \quad (A.10)$$

Dabei ist:

I das Signal vom Lichtempfänger [%]

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 $t = t_0 = 300$ s bis zum Schließen der Propangaszufuhr t' beansprucht. Die Beanspruchungsdauer ist gleich $t' - t_0$.

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

$$[m_{\text{gas}}(t' - 3) \geq 300 \text{ mg/s}] \wedge [m_{\text{gas}}(t') < 300 \text{ mg/s}] \wedge [m_{\text{gas}}(t' + 3) < 300 \text{ mg/s}] \quad (\text{A.11})$$

Dabei ist:

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

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

A.5 Wärmefreisetzung

A.5.1 Berechnung der Wärmefreisetzungsrates (HRR)

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

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

$$V_{298}(t) = cA \frac{k_t}{k_p} \sqrt{\frac{\Delta p(t)}{T_{\text{ms}}(t)}} \quad (\text{A.12})$$

Dabei ist:

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

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

A ist die Querschnittsfläche des Abzugsrohrs am allgemeinen Messabschnitt [m^2];

k_t ist der Strömungsprofilfaktor, bestimmt nach C.2.4;

k_p ist die Korrektur der Reynoldszahl für die Differenzdruck-Messsonde, wird hier mit 1,08 angesetzt;

$\Delta p(t)$ ist die Druckdifferenz [Pa];

$T_{\text{ms}}(t)$ ist die Temperatur im allgemeinen Messabschnitt [K].

b) Berechnung des Sauerstoffverbrauchs-Faktors $\phi(t)$

$$\phi(t) = \frac{\bar{x}_{\text{O}_2}(30 \text{ s} \dots 90 \text{ s})(1 - x_{\text{CO}_2}(t)) - x_{\text{O}_2}(t)(1 - \bar{x}_{\text{CO}_2}(30 \text{ s} \dots 90 \text{ s}))}{\bar{x}_{\text{O}_2}(30 \text{ s} \dots 90 \text{ s})(1 - x_{\text{CO}_2}(t)) - x_{\text{O}_2}(t)} \quad (\text{A.13})$$

Dabei ist:

$x_{\text{O}_2}(t)$ ist die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen;

$x_{\text{CO}_2}(t)$ ist die Kohlenstoffdioxidkonzentration in Mol-Anteilen.

c) Berechnung von $x_{a_O_2}$

$$x_{a_O_2} = \bar{x}_{O_2}(30\text{ s} \dots 90\text{ s}) \left[1 - \frac{H}{100 p} \exp \left(23,2 - \frac{3\,816}{\bar{T}_{ms}(30\text{ s} \dots 90\text{ s}) - 46} \right) \right] \quad (\text{A.14})$$

Dabei ist:

$x_{a_O_2}$ ist der Molanteil Sauerstoff in der Umgebungsluft einschließlich Wasserdampf;

$x_{O_2}(t)$ ist die Sauerstoffkonzentration in Mol-Anteilen;

H ist die relative Luftfeuchte [%];

p ist der Umgebungsluftdruck [Pa];

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

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

$$HRR_{total}(t) = EV_{298}(t)x_{a_O_2} \left(\frac{\phi(t)}{1 + 0,105\phi(t)} \right) \quad (\text{A.15})$$

Dabei ist:

$HRR_{total}(t)$ ist die Wärmefreisetzungsrate von Brenner und Proben [kW];

E ist die Wärmefreisetzung pro verbrauchtem Volumen Sauerstoff bei 298 K, gleich 17 200 [kJ/m³];

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

$x_{a_O_2}$ ist der Molanteil Sauerstoff in der Umgebungsluft einschließlich Wasserdampf;

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

A.5.1.2 HRR des Brenners

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

$$HRR_{av_burner} = \overline{HRR_{total}(210\text{ s} \dots 270\text{ s})} \quad (\text{A.16})$$

Dabei ist:

HRR_{av_burner} ist die mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners [kW];

$HRR_{total}(t)$ ist die gesamte Wärmefreisetzungsrate von Proben und Brenner zusammen [kW].

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

$$\sigma_{bh} = \sqrt{\frac{n \sum_{t=210\text{ s}}^{270\text{ s}} (HRR_{burner}(t))^2 - \left(\sum_{t=210\text{ s}}^{270\text{ s}} HRR_{burner}(t) \right)^2}{n(n-1)}} < 1\text{ kW} \quad (\text{A.17})$$

Dabei ist:

HRR_{av_burner} ist die mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners [kW];

$HRR_{burner}(t)$ ist die Wärmefreisetzungsrate des Brenners [kW];

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

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

Anforderungen:

$$HRR_{av_burner} = (30,7 \pm 2,0) \text{ kW} \quad (\text{A.18})$$

und

$$\sigma_{bh} < 1 \text{ kW} \quad (\text{A.19})$$

Dabei ist:

HRR_{av_burner} ist die mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners [kW];

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

ANMERKUNG 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 $HRR_{total}(t)$ und der mittleren Wärmefreisetzungsrate des Brenners HRR_{av_burner} bestimmt.

Für $t > 312 \text{ s}$:

$$HRR(t) = HRR_{total}(t) - HRR_{av_burner} \quad (\text{A.20})$$

Dabei ist:

$HRR(t)$ ist die Wärmefreisetzungsrate der Proben [kW];

$HRR_{total}(t)$ ist die Wärmefreisetzungsrate von Proben und Brenner zusammen [kW];

HRR_{av_burner} ist die mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners [kW].

Während des Umschaltens vom Nebenbrenner auf den Hauptbrenner zu Beginn der Beflammungsdauer ist die gesamte Wärmefreisetzung der beiden Brenner kleiner als HRR_{av_burner} . Gleichung (A.20) 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 $t = 300 \text{ s}$:

$$HRR(300) = 0 \text{ kW} \quad (\text{A.21})$$

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

$$HRR(t) = \max. [0 \text{ kW}, (HRR_{total}(t) - HRR_{av_burner})] \quad (\text{A.22})$$

Dabei ist:

$HRR(t)$ ist die Wärmefreisetzungsrate der Proben [kW];

$HRR_{\text{total}}(t)$ ist die Wärmefreisetzungsrate von Proben und Brenner zusammen [kW];

$HRR_{\text{av_burner}}$ mittlere Wärmefreisetzungsrate des Brenners [kW];

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

A.5.1.4 Berechnung von HRR_{30s}

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

$$HRR_{30s}(t) = \frac{0,5HRR(t-15) + HRR(t-12) + \dots + HRR(t+12) + 0,5HRR(t+15)}{10} \quad (\text{A.23})$$

Dabei ist:

$HRR_{30s}(t)$ ist die Mittelwert von $HRR(t)$ über eine Dauer von 30 s [kW];

$HRR(t)$ ist die Wärmefreisetzungsrate zur Zeit t [kW].

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

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

$$THR(t_a) = \frac{3}{1000} \sum_{300s}^{t_a} (\max. [HRR(t), 0]) \quad (\text{A.24})$$

$$THR_{600s} = \frac{3}{1000} \sum_{300s}^{900s} (\max. [HRR(t), 0]) \quad (\text{A.25})$$

Dabei ist:

$THR(t_a)$ ist die gesamte freigesetzte Wärme der Proben für $300 \text{ s} \leq t \leq t_a$ [MJ];

$HRR(t)$ ist die Wärmefreisetzungsrate der Proben [kW];

THR_{600s} ist die gesamte freigesetzte Wärme der Proben während der Dauer $300 \text{ s} \leq t \leq 900 \text{ s}$ [MJ];

$\max. [a,b]$ ist der Maximalwert 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 $FIGRA_{0,2MJ}$ und $FIGRA_{0,4MJ}$ (Flre Growth Rate Werte)

$FIGRA$ ist definiert als das Maximum des Quotienten $HRR_{\text{av}}(t)/(t-300 \text{ s})$, 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. Wenn einer oder beide Schwellenwerte während der Beanspruchungsdauer nicht erreicht wird, ist dieser $FIGRA$ -Wert gleich Null zu setzen. Es werden zwei THR Schwellenwerte verwendet, was zu $FIGRA_{0,2MJ}$ und $FIGRA_{0,4MJ}$ führt.

- a) Der Mittelwert von HRR , HRR_{av} , der zur Berechnung von $FIGRA$ verwendet wird, entspricht HRR_{30s} gemäß 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:

$$\text{Für } t = 300 \text{ s: } HRR_{\text{av}}(300 \text{ s}) = 0$$

$$\begin{aligned}
 \text{Für } t = 303 \text{ s: } & \quad HRR_{av}(303 \text{ s}) = \overline{HRR}(300 \text{ s} \dots 306 \text{ s}) \\
 \text{Für } t = 306 \text{ s: } & \quad HRR_{av}(306 \text{ s}) = \overline{HRR}(300 \text{ s} \dots 312 \text{ s}) \\
 \text{Für } t = 309 \text{ s: } & \quad HRR_{av}(309 \text{ s}) = \overline{HRR}(300 \text{ s} \dots 318 \text{ s}) \\
 \text{Für } t = 312 \text{ s: } & \quad HRR_{av}(312 \text{ s}) = \overline{HRR}(300 \text{ s} \dots 324 \text{ s}) \\
 \text{Für } t \geq 315 \text{ s: } & \quad HRR_{av}(t) = HRR_{30 \text{ s}}(t)
 \end{aligned}
 \tag{A.26}$$

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

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

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

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

unter Verwendung von

$$FIGRA = 1000 \times \max \left(\frac{HRR_{av}(t)}{t - 300} \right)
 \tag{A.27}$$

Dabei ist:

$FIGRA$ ist der Feuerwachstumswert [W/s];

$HRR_{av}(t)$ ist der Mittelwert von $HRR(t)$ wie in a) angegeben [kW];

$\max. [a(t)]$ ist 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 gesamte 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 gesamte 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 $V(t)$

$$V(t) = V_{298}(t) \frac{T_{ms}(t)}{298}
 \tag{A.28}$$

Dabei ist:

$V(t)$ ist der Volumenstrom des Abzugssystems [m^3/s];

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

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

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

$$SPR_{total}(t) = \frac{V(t)}{L} \ln \left[\frac{\bar{I}(30\text{s} \dots 90\text{s})}{I(t)} \right] \quad (\text{A.29})$$

Dabei ist:

$SPR_{total}(t)$ ist die gesamte Raumentwicklungsrate von Brenner und Proben [m^3/s];

$V(t)$ ist der (nicht auf den Normalzustand bezogener) Volumenstrom des Abzugssystems [m^3/s];

L ist die Länge des Lichtwegs durch das Rohr [m] und wird als Durchmesser des Rohrs gesetzt;

$I(t)$ ist das Signal vom Lichtempfänger [mV].

A.6.1.2 SPR des Brenners

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

$$SPR_{av_burner} = \overline{SPR_{total}(210\text{s} \dots 270\text{s})} \quad (\text{A.30})$$

Dabei ist:

$SPR_{total}(t)$ ist die Raumentwicklungsrate von Proben und Brenner [m^2/s];

SPR_{av_burner} ist die mittlere Raumentwicklungsrate des Brenners [m^2/s].

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

$$\sigma_{bs} = \sqrt{\frac{n \sum_{t=210\text{s}}^{270\text{s}} (SPR_{burner}(t))^2 - \left(\sum_{t=210\text{s}}^{270\text{s}} SPR_{burner}(t) \right)^2}{n(n-1)}} \quad (\text{A.31})$$

Dabei ist:

SPR_{av_burner} ist die mittlere Raumentwicklungsrate des Brenners [m^2/s];

$SPR_{burner}(t)$ ist die Raumentwicklungsrate des Brenners [m^2/s];

n ist die Anzahl an Messwerten ($n = 21$).

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

Anforderungen:

$$SPR_{av_burner} = (0 \pm 0,1) \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{A.32})$$

und

$$\sigma_{bh} < 0,01 \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{A.33})$$

Dabei ist:

SPR_{av_burner} ist die mittlere Rauchentwicklungsrate des Brenners [m^2/s];

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

A.6.1.3 SPR der Proben

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

Für $t > 312\text{ s}$:

$$SPR(t) = SPR_{total}(t) - SPR_{av_burner} \quad (A.34)$$

Dabei ist:

$SPR_{total}(t)$ ist die Rauchentwicklungsrate von Proben und Brenner [m^2/s];

SPR_{av_burner} ist die mittlere Rauchentwicklungsrate des Brenners [m^2/s];

$SPR(t)$ ist die Rauchentwicklungsrate der Proben [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 $t = 300\text{ s}$:

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

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

$$SPR(t) = \max.[0, (SPR_{total}(t) - SPR_{av_burner})] \quad (A.35)$$

Dabei ist:

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

SPR_{av_burner} ist die mittlere Rauchentwicklungsrate des Brenners [m^2/s];

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

$\max. [a, b]$ ist der Maximalwert 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 Grundlinien 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 Sekunden.

$$SPR_{60s}(t) = \frac{(0,5SPR(t-30\text{ s}) + SPR(t-27\text{ s}) + \dots + SPR(t+27\text{ s}) + 0,5SPR(t+30\text{ s}))}{20} \quad (A.36)$$

Dabei ist:

$SPR_{60s}(t)$ ist der Mittelwert von $SPR(t)$ über 60 s [m^2/s];

$SPR(t)$ ist die Rauchentwicklungsrate der Proben [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:

$$TSP(t_a) = 3 \sum_{300s}^{t_a} (\max.[SPR(t), 0]) \quad (\text{A.37})$$

$$TSP_{600s} = 3 \sum_{300s}^{900s} (\max.[SPR(t), 0]) \quad (\text{A.38})$$

Dabei ist:

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

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

TSP_{600s} ist die gesamte Rauchentwicklung der Proben während $300 \text{ s} \leq t \leq 900 \text{ s}$ [m^2];

$\max. [a, b]$ ist der Maximalwert 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 $SMOGR$ (**SMO**ke **G**rowth **R**ate index)

$SMOGR$ 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 $SMOGR$ gleich Null zu setzen.

- a) Der SPR_{av} -Wert, der für die Berechnung von $SMOGR$ verwendet wird, ist gleich SPR_{60s} gemäß 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:

Für $t = 300 \text{ s}$: $SPR_{av}(300 \text{ s}) = 0 \text{ m}^2/s$

Für $t = 303 \text{ s}$: $SPR_{av}(303 \text{ s}) = \overline{SPR}(300 \text{ s} \dots 306 \text{ s})$

Für $t = 306 \text{ s}$: $SPR_{av}(306 \text{ s}) = \overline{SPR}(300 \text{ s} \dots 312 \text{ s})$

u.s.w., bis

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

Für $t \geq 330 \text{ s}$: $SPR_{av}(t) = SPR_{60s}(t)$ (A.39)

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 $(300 \text{ s} < t \leq 1\,500 \text{ s})$

$$SMOGRA = 10\,000 \times \max\left(\frac{SPR_{av}(t)}{t - 300}\right) \quad (\text{A.40})$$

Dabei ist:

SMOGRA ist der Rauchentwicklungsrate [m^2/s^2];

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

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

ANMERKUNG 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 gesamte Prüfdauer einen *SMOGRA*-Wert von Null.

A.7 Berechnungen für die Kalibrierungen

A.7.1 Wärmefreisetzung durch Propangas

A.7.1.1 Die theoretische Wärmefreisetzung des Propangas-Massenstroms wird berechnet nach:

$$q_{\text{gas}}(t) = \Delta h_{c,\text{eff}} m_{\text{gas}}(t) \quad (\text{A.41})$$

Dabei ist:

$q_{\text{gas}}(t)$ ist die Leistung des Propangas-Massenstroms [kW];

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

$m_{\text{gas}}(t)$ ist der Propangas-Massenstrom [kg/s].

A.7.1.2 Der über 30 s gemittelte Wert für $q_{\text{gas}}(t)$ wird berechnet nach

$$q_{\text{gas},30\text{s}}(t) = \frac{((0,5 q_{\text{gas}}(t-15) + q_{\text{gas}}(t-12) + \dots + q_{\text{gas}}(t+12) + 0,5 q_{\text{gas}}(t+15)))}{10} \quad (\text{A.42})$$

Dabei ist:

$q_{\text{gas},30\text{s}}(t)$ ist der Mittelwert über 30 s von $q_{\text{gas}}(t)$ [kW];

$q_{\text{gas}}(t)$ ist die theoretische Wärmefreisetzungsrates des Propangas-Massenstrom [kW];

Anhang B (informativ)

Genauigkeit des Prüfverfahrens

B.1 Allgemeine Bemerkungen und Ergebnisse

Die Bestimmung der Genauigkeit des Prüfverfahrens basiert auf den Ergebnissen der Versuchsserien des SBI-Rundversuchs, der 1997 durchgeführt wurde. Der Rundversuch wurde von 15 Laboratorien durchgeführt, wobei 30 Materialien jeweils dreimal geprüft wurden. Die Materialien sind in Tabelle B.1 aufgeführt.

Die statistische Analyse wurde gemäß ISO 5725-1 und ISO 5725-2:1994 mit den stetigen Parametern ($FIGRA_{0,2MJ}$, $FIGRA_{0,4MJ}$, THR_{600s} ; $SMOGRA$ und TSP_{600s}) durchgeführt. Mit den „bestanden“-/„nicht-bestanden“-Parametern wurde keine statistische Analyse durchgeführt.

Tabelle B.1 — Im SBI-Rundversuch geprüfte Materialien

Code	Produkt <small>[Produkte sind nicht mit Flammenschutzmitteln behandelt, wenn nicht mit 'FR' bezeichnet</small>	Dicke [mm]	Rohdichte [kg/m ³]	flächenbez. Masse [g/m ²]
M01	Papier kaschierte Gipsplatten	13	700	
M02	FR PVC	3	1180	
M03	FR XPS	40	32	
M04	Alu/Papierfolie beschichtete PUR Schaumstoffplatte	40	PUR: 40	
M05	Fichtenholz (Bauholz), lackiert	10	380	
M06	FR Spanplatte	12	780	
M07	FR PC Platte, 3-lagig	16	175	
M08	gestrichene papierkaschierte Gipsplatte	13	700	Farbe: 145
M09	Tapete auf Gipsplatte	13	Gips.: 700	Papier: 200
M10	PVC Wandteppich auf Gipsplatte	13	Gips.: 700	PVC: 1500
M11	kunststoffbeschichtetes Stahlblech auf Mineralwolle	0,15 + 1 + 50	Wolle: 160	
M12	Fichtenholz (Bauholz), nichtlackiert	10	450	
M13	Gipsplatte auf Polystyrene	13 + 100	EPS: 20	
M14	Phenolic Schaum	40		
M15	Intumizierender Anstrich auf Spanplatte	12	700	Farbe: 500
M16	Melamine beschichtete MDF Platte	12	MDF: 750	Melamine: 120
M17	PVC Wasserrohr \varnothing 32 mm	2		
M18	PVC beschichtete elektr. Kabel			
M19	nichtkaschierte Steinwolle	50	145	
M20	Melamine beschichtete 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	geringe Rohdichte der Spanplatte	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

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 verbessert wurden, erfüllt ein Teil der Versuchsdaten nicht die in Anhang A aufgeführten Anforderungen. Daher basieren die 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 Differenz 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 zur Zeit $t = 420$ s, mit reduzierten Grenzwerten bis zu einem Absinken von 1,5 K in der Temperatur, 0,03 % für den Anstieg an O_2 und 0,012 % für das Absinken von CO_2 .
- c) Ansprechzeit der Brennerumschaltung: Nur Versuche mit einer bestimmenden *FIGRA*- oder *SMOGRA*-Zeit innerhalb der ersten Minute und einer Antwortzeit 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 O_2 - und CO_2 -Werte auf den Startwert.
- f) Versuchsdauer: Aufgrund der kürzeren Versuchsdauer basierten die Berechnungen auf die Messwerte bis zur Zeit 1 470 s.

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 gemäß ISO 5725-2, 7.3.2 beruht. Cochran's Test wird maximal viermal wiederholt, wo die Norm maximal zweimal empfiehlt. Bei der vierfachen 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 sind in Tabelle B.2. pro Parameter für alle 30 geprüften Materialien aufgeführt.

Außerdem sind die auf die Mittelwerte bezogenen Standardabweichungen 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.3 werden diese Mittelwerte dargestellt, mit Ausnahme der Werte für s_r/m und s_R/m , für die der Mittelwert sehr klein ist¹⁾.

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

Tabelle B.2 — Mittlere relative Standardabweichungen

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

Tabelle B.3 — (erster Teil) Statistische Ergebnisse

FIGRA _{0,2MJ} [W/s]																														
	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
Nr. Labor	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
Nr. Labor	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 _r	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 _r / 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	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	17

FIGRA _{0,4MJ} [W/s]																														
	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
Nr. Labor	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
Nr. Labor	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 _r	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 _r / m	121	17	13	12	9	16	46	110	20	9	33	11	16	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	16

THR _{600s} [MJ]																														
	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
Nr. Labor	15	14	15	13	14	15	14	14	15	14	15	13	14	15	15	15	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
Nr. Labor	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

Tabelle B.4 — (zweiter Teil) Statistische Ergebnisse

SMOGRA [m ² /s ²]																														
	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
Nr. Labor	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	224	109	0	2	5	3	1	2	1	1	9	0	0	3	
Nr. Labor	28	31	22	29	28	36	28	29	34	36	31	37	25	31	27	27	27	14	33	25	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	3	
S _R	0	32	80	36	2	5	169	0	0	37	19	2	1	1	1	1	55	61	0	2	5	2	1	2	1	7	1	0	5	
S _r / m	14	10	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	38	101	381	249	32	29	72	360	143	153	118	25	56		64	102	63	110	97	102	71	131		155	

TSP _{600s} [m ²]																														
	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
Nr. Labor	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	43	
Nr. Labor	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	163	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

Anhang C (normativ)

Kalibrierverfahren

C.1 Verfahren für einzelne Geräte

C.1.1 Allgemeines

Geräte müssen nach den Anweisungen der Hersteller gewartet und kalibriert werden.

Gaskonzentrationen in Prozent werden durch $100 V_{\text{O}_2}/V_{\text{air}}$ bzw. $100 V_{\text{CO}_2}/V_{\text{air}}$ dargestellt. V_{O_2} bzw. V_{CO_2} ist dabei das Volumen O_2 bzw. CO_2 in einem Volumen Luft V_{air} .

C.1.2 Einstellung des Sauerstoff-Analysegeräts

Das Sauerstoff-Analysegerät muss an jedem Tag, an dem Prüfungen durchgeführt werden, bezüglich des Nullpunktes und des Messbereichs justiert werden. Die Breite des Messbereichs muss innerhalb von 0,04 % der durch die verwendeten Kalibriergase definierten Breite liegen und in % $V_{\text{O}_2}/V_{\text{air}}$ 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 müssen nach Inbetriebnahme, Wartung, Reparatur und Ersatz des Sauerstoff-Analysegeräts oder anderer wesentlicher Komponenten des Gasanalyse-Systems und mindestens alle sechs Monate überprüft werden.

C.1.3.2 Verfahren

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

- a) Führe dem Sauerstoff-Analysegerät sauerstoffreies Stickstoffgas zu, bis das Analysegerät den Gleichgewichtszustand erreicht hat.
- b) Nach mindestens 60 Minuten unter sauerstofffreien Bedingungen stelle den Volumenstrom im Abzugsrohr auf $(0,60 \pm 0,05)$ m^3/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 3-Sekunden-Intervall für eine Dauer von 30 Minuten.
- 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.

C.1.3.3 Kriterien

Die Drift und die Streuung (beide als positive Werte genommen) dürfen nicht größer als 0,01 % (V_{O_2}/V_{air}) sein.

C.1.3.4 Kalibrierbericht

Der Kalibrierbericht muss folgende Angaben enthalten:

- die Kurve von $O_2(t)$ in % V_{O_2}/V_{air} ;
- die Werte für die Streuung und Drift, berechnet entsprechend C.1.3.2 d) und e) in % V_{O_2}/V_{air} .

C.1.4 Justierung des Kohlenstoffdioxid-Analysegeräts

Das Kohlenstoffdioxid-Analysegerät muss an jedem Tag, an dem Prüfungen durchgeführt werden, bezüglich des Nullpunktes und des Messbereichs eingestellt werden. Die Breite des Messbereichs muss innerhalb von 0,1 % V_{CO_2}/V_{air} bezüglich der durch die verwendeten Kalibriergase definierten Breite liegen. Das Ausgangssignal des Analysegeräts muss für kohlenstoffdioxidfreies Stickstoffgas ($0,00 \pm 0,02$) % sein. Ein mögliches Verfahren für die Einstellung ist in D.1.3 beschrieben.

C.1.5 Überprüfung des Propangas-Massenstrom-Reglers

Die Genauigkeit des Massenstrom-Reglers muss bei einem Propangas-Massenstrom von (647 ± 10) mg/s (die bei den Prüfungen verwendete Strömungsrate) besser als ± 6 mg/s sein. Diese Überprüfung muss mindestens alle sechs Monate durchgeführt werden. Ein mögliches Verfahren zur Durchführung dieser Überprüfung ist in D.1.4 beschrieben.

C.1.6 Kalibrierung der Lichtmessstrecke

C.1.6.1 Allgemeines

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.

C.1.6.2 Überprüfung der Stabilität

Führe die folgenden Schritte mit betriebsbereiter Messausrüstung und mit dem Probenträgerwagen (ohne Proben, mit eingebauten rückseitigen Abschlussplatten) im Gestell unter der Abzugshaube durch.

- Stelle den Volumenstrom des Abzugs ein auf: $V_{298} = (0,60 \pm 0,05)$ m³/s (berechnet in Übereinstimmung mit A.5.1.1 a)).
- Starte die Zeiterfassung und zeichne das Signal des Lichtempfängers für einer Dauer von 30 min auf.
- 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.
- 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.

C.1.6.3 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, wobei der Wert maßgeblich ist, der eine größere Abweichung repräsentiert. Eine mögliche Verfahren zur Durchführung der Kalibrierung ist in D.1.5 beschrieben.

C.2 Kalibrierung der System-Ansprechzeiten

C.2.1 Kalibrierung durch schrittweise Änderung der Brennerleistung

C.2.1.1 Allgemeines

Dieses Kalibrierverfahren verwendet den Hauptbrenner bei drei unterschiedlichen Niveaus der Wärmefreisetzung. Es wird benutzt zur Bestimmung der Ansprech- und Verzugszeiten der Gasanalysegeräte, der Ansprechzeit der Brennerumschaltung, der Ansprechzeit der Thermoelemente und der Umrechnungsfaktor zur Berechnung der Wärmefreisetzungsrates. Dieses Kalibrierverfahren muss mindestens einmal im Monat oder nach 30 Prüfungen durchgeführt werden, je nachdem, was zuerst auftritt.

C.2.1.2 Verfahren

Führe die folgenden Schritte bei laufender Messwerterfassung und mit dem Probenträgerwagen (ohne Proben, aber mit eingebauten Abschlussplatten) im Gestell unter der Abzugshaube durch.

- a) Stelle den Volumenstrom des Abzugs auf $V_{298} = (0,60 \pm 0,05) \text{ m}^3/\text{s}$ (wie nach A.5.1.1 a) berechnet) ein. Dieser Volumenstrom muss während der gesamten Dauer der Kalibrierung bei $0,65 \text{ m}^3/\text{s}$ und $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ liegen.
- b) Zeichne die Temperaturen T_1 , T_2 und T_3 im Abzugsrohr und die Umgebungstemperatur für die Dauer von mindesten 300 s auf. Die Umgebungstemperatur muss innerhalb von $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ liegen und die Temperaturen im Abzugsrohr dürfen nicht mehr als 4°C von der Umgebungstemperatur abweichen.
- c) Schreibe die Bedingungen zu Beginn des Versuch im Prüfprotokoll auf. Die aufzuzeichnenden Daten sind in 8.3.2 aufgeführt.
- d) Starte die Zeiterfassung und die automatische Aufzeichnung der Messdaten: dieser Zeitpunkt ist definiert mit $t = 0 \text{ s}$. Die alle 3 s aufzuzeichnenden Daten sind t , m_{gas} , x_{O_2} , x_{CO_2} , Δp und T_0 bis T_3 , entsprechend 8.4.
- e) Zünde den Nebenbrenner und stelle den Propangas-Massenstrom entsprechend der Tabelle C.1 innerhalb der ersten 5 s eines jeden Schritts ein.

Tabelle C.1 — Propangaszufuhr zum Nebenbrenner

Schrittnummer	Zeit (min)	Propangasmassenstrom im Nebenbrenner [mg/s]
1	0 bis 2	0
2	2 bis 5	647 ± 50

- f) Schalte die Propangaszufuhr vom Nebenbrenner auf den Hauptbrenner um und stelle den Propangas-Massenstrom entsprechend der Tabelle C.2 innerhalb der ersten 5 s eines jeden Schritts ein.

Tabelle C.2 — Propangaszufuhr zum Hauptbrenner

Schrittnummer	Zeit (min)	Propangasmassenstrom im Nebenbrenner [mg/s]
3	5 bis 8	647 ± 50
4	8 bis 11	2 000 ± 100
5	11 bis 14	647 ± 50
6	14 bis 17	0

- g) Beende die automatische Aufzeichnung der Daten zum Ende des Schrittes 6.
- h) Zeichne die Bedingungen zum Ende des Versuchs auf. Die aufzuzeichnenden Daten sind in 8.3.5 aufgeführt.

ANMERKUNG 1 Der Brenner muss ungefähr 0 kW, 30 kW und 93 kW bei den geforderten Propangas-Massenströmen erzeugen.

ANMERKUNG 2 Die beim Einstellen der Massenströme verwendeten Abweichungen sind größer als bei der Prüfung selbst, um eine schnelle Einstellungen der Massenströme zu ermöglichen.

C.2.1.3 Berechnungen

Basierend auf den zeitlich nicht verschobenen Messwerten, berechne:

- a) für jeden Schritt, mit Ausnahme von Schritt 3:

- t_{gas} : die Startzeit des Schritts als die Zeit des Auftretens des ersten Messwertes, bei dem der Propangas-Massenstrom sich um 100 mg/s verändert hat im Vergleich zum Mittelwert der letzten zwei Minuten des vorangehenden Schrittes;
- t_T : der Zeitpunkt des ersten Messwertes bei dem sich die Temperatur T_{ms} um 2,5 K im Vergleich zum Mittelwert der letzten zwei Minuten des vorangegangenen Schrittes verändert hat;
- t_{O_2} : der Zeitpunkt des ersten Messwertes bei dem sich die Sauerstoffkonzentration um 0,05 % im Vergleich zum Mittelwert der letzten zwei Minuten des vorangegangenen Schrittes verändert hat;
- t_{CO_2} : der Zeitpunkt des ersten Messwertes bei dem sich die Kohlenstoffdioxid-Konzentration um 0,02 % im Vergleich zum Mittelwert der letzten zwei Minuten des vorausgehenden Schrittes verändert hat;
- $t_{\text{O}_2,10\%}$: der Zeitpunkt, bei dem zum ersten Mal ein Messwert der Sauerstoffkonzentration 10 % der Abweichung erreicht hat, unter Verwendung der Mittelwerte der letzten zwei Minuten des vorangegangenen und des aktuellen Schrittes;
- $t_{\text{O}_2,90\%}$: analog zu $t_{\text{O}_2,10\%}$, jedoch mit Änderung um 90 % anstelle von 10 %;
- $t_{\text{CO}_2,10\%}$: der Zeitpunkt, bei dem zum ersten Mal ein Messwert der Kohlenstoffdioxid-Konzentration 10 % der Abweichung erreicht hat, unter Verwendung der Mittelwerte der letzten zwei Minuten des vorangegangenen und des aktuellen Schrittes;
- $t_{\text{CO}_2,90\%}$: analog zu $t_{\text{CO}_2,10\%}$, jedoch mit Änderung um 90 % anstelle von 10 %;
- $t_{T,10\%}$: der Zeitpunkt des Messwertes, bei dem zum ersten Mal die Temperatur T_{ms} 10 % der Abweichung erreicht hat, unter Verwendung des Mittelwertes aus den letzten 15 s des vorhergehenden Schrittes und des Mittelwertes zwischen 15 s und 30 s nach Beginn des aktuellen Schrittes erreicht hat;
- $t_{T,75\%}$: analog zu $t_{T,10\%}$, jedoch mit Änderung um 75 % anstelle von 10 %;

- b) die Verzugszeit des Sauerstoff-Analysegeräts als Mittelwert aus den in den Schritten 4, 5 und 6 bestimmten Werten für $t_{O_2} - t_T$;
- c) die Verzugszeit des Kohlenstoffdioxid-Analysegeräts als Mittelwert aus den in den Schritten 4, 5 und 6 bestimmten Werten für $t_{CO_2} - t_T$;
- d) die Ansprechzeit des Sauerstoff-Analysegeräts als Mittelwert aus den in den Schritten 4, 5 und 6 bestimmten Werten für $t_{O_2,90\%} - t_{O_2,10\%}$;
- e) die Ansprechzeit des Kohlenstoffdioxid-Analysegeräts als Mittelwert aus den in den Schritten 4, 5 und 6 bestimmten Werten für $t_{CO_2,90\%} - t_{CO_2,10\%}$;
- f) die Ansprechzeit der Brennerumschaltung als Differenz zwischen t_{up} und t_{down} , mit:
- t_{up} Zeitpunkt des ersten Messwertes in Schritt 3, zu dem die Sauerstoffkonzentration um 10 % der Differenz zwischen den Mittelwerten der letzten 2 min von Schritt 1 und Schritt 2 angestiegen ist;
 - t_{down} Zeitpunkt des ersten Messwertes in Schritt 3 danach, zu dem die Sauerstoffkonzentration das gleiche Niveau in Abwärtsrichtung erreicht hat.
- g) die Ansprechzeit der Temperaturmessung als Mittelwert von $t_{T,75\%} - t_{T,10\%}$ aus den Schritten 2, 4,5 und 6;
- h) $q_{gas}(t)$ und $q_{gas,30s}(t)$ entsprechend A.7.1;
- i) der Mittelwert von $q_{gas}(t)$ gemäß h) während der letzten zwei Minuten in den Schritten 2, 3 und 5 ($q_{gas,step2}$, $q_{gas,step3}$ und $q_{gas,step5}$).
- Verschiebe die Messwerte für O₂ und CO₂ zeitlich nach hinten in Übereinstimmung mit den ermittelten Analysegerät-Verzugszeiten und berechne:
- j) $HRR(t)$, gleichzusetzen mit $HRR_{total}(t)$ nach A.5.1.1, jedoch unter Verwendung von $E = 16\,800\text{ kJ/m}^3$ (Wert für Propan);
- k) $HRR_{30s}(t)$ nach A.5.1.4, unter Verwendung von $HRR(t)$ gemäß j);
- l) die Mittelwerte von $HRR(t)$ gemäß j) während der letzten zwei Minuten in den Schritten 2, 3 und 5 (HRR_{step2} , HRR_{step3} und HRR_{step5});
- m) den Strömungsprofil-Faktor $k_{t,qgas}$ nach:

$$k_{t,qgas} = k_t \cdot \frac{q_{gas,step2} + q_{gas,step3} + q_{gas,step5}}{HRR_{step2} + HRR_{step3} + HRR_{step5}} \quad (C.1)$$

Dabei ist:

$k_{t,qgas}$ ist der Strömungsprofil-Faktor, justiert auf den Energieinhalt von Propan;

k_t ist der Strömungsprofil-Faktor, verwendet in der Berechnung von HRR in j);

HRR_{stepx} ist die Wärmefreisetzungsrate des Brenners in Schritt x gemäß l) [kW];

$q_{gas,stepx}$ ist der Wärmefreisetzungsrate des Propangas-Massenstroms in Schritt x , gemäß i) [kW].

ANMERKUNG 1 Die Verzögerungs- und Ansprechzeiten der Analysegeräte in Schritt 2 werden für eine Kontrolle verwendet. Der Unterschied in den Zeitverzögerungen in den Schritten 4, 5 und 6 kann auf zusätzliche zeitliche Verzögerungen im Propangas-Zufuhrsystem hindeuten.

ANMERKUNG 2 Die Temperatur-Ansprechzeit wird berechnet, um die Thermoelemente auf Funktion und Rußablagerungen hin zu überprüfen. Das Kriterium für die Ansprechzeit der Thermoelemente berücksichtigt den Einfluss der thermischen Trägheit des Rohrsystem als Ganzes.

C.2.1.4 Kriterien

Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt werden:

- a) die Verzugszeit für beide Analysegeräte darf 30 s nicht überschreiten;
- b) die Ansprechzeit beider Analysegeräte darf 12 s nicht überschreiten;
- c) die Ansprechzeit in der Umschaltung der Brenner darf 12 s nicht überschreiten;
- d) die Ansprechzeit der Thermoelemente darf 6 s nicht überschreiten;
- e) das Ansprechen der Messgeräte-Ausstattung muss die Kriterien nach A.3.3 und A.3.4 erfüllen; die letzten Werte von A.3.3 und A.3.4 müssen als Mittelwert über die letzten 30 s von Schritt 6 ermittelt werden;
- f) das Verhältnis von $q_{\text{gas},30\text{s}}(t)/HRR_{30\text{s}}(t)$ muss während der Intervalle zwischen 40 s und 160 s nach Beginn der Schritte 2,3,4 und 5 ständig innerhalb von $(100 \pm 5)\%$ liegen. Als Beginn der Schritte 2, 4 und 5 wird t_T verwendet, als Beginn von Schritt 3 wird $t = 300$ s verwendet;
- g) die Mittelwerte $HRR_{\text{step}2}$ und $HRR_{\text{step}3}$ nach C.2.1.3 dürfen nicht mehr als 0,5 kW voneinander abweichen.

C.2.1.5 Kalibrierbericht

Der Kalibrierbericht muss die folgenden Informationen enthalten:

- a) die Kurvendarstellung von $q_{\text{gas}}(t)/HRR(t)$ und $q_{\text{gas},30\text{s}}(t)/HRR_{30\text{s}}(t)$;
- b) den Maximalwert und den Minimalwert des Verhältnisses von $q_{\text{gas},30\text{s}}(t)/HRR_{30\text{s}}(t)$ während jedes der vier Intervalle nach C.2.1.4 f);
- c) die Verzugszeiten und Ansprechzeiten beider Analysegeräte;
- d) die Ansprechzeit der Brennerumschaltung;
- e) die Ansprechzeit der Temperatur;
- f) die Werte für $q_{\text{gas},\text{step}x}$ und $HRR_{\text{step}x}$ für die Schritte 2, 3 und 5;
- g) den Wert für k_t , der in den Berechnungen für $HRR(t)$ verwendet wird;
- h) der Wert für $k_{t,\text{qgas}}$.

C.2.2 Heptan Kalibrierung

C.2.2.1 Allgemeines

Die Kalibrierung muss nach Einrichtung, Wartung, Reparatur oder Ersatz des Halters des Meßsystems oder anderer wesentlicher Teile des Abzugssystems und mindestens einmal im Jahr vor Durchführung einer Prüfung erfolgen. Die Messungen werden durchgeführt unter Verwendung von:

- a) einer runden, offenen Brennstoffwanne aus Stahl mit einem inneren Durchmesser von (350 ± 5) mm, mit einer inneren Wandhöhe von 152 mm und einer Wanddicke von 3 mm; und
- b) Heptan (Reinheit > 99 %).

C.2.2.2 Verfahren

Führe die folgenden Schritte bei betriebsbereiter Messausrüstung und mit dem Probenträgerwagen (ohne Proben, mit rückseitigen Abschlussplatten) im Gestell unter der Abzugshaube durch.

- a) Stelle den Volumenstrom im Abzug auf $V_{298} = (0,60 \pm 0,05)$ m³/s ein (berechnet gemäß A.5.1.1 a). Dieser Volumenstrom muss während der gesamten Dauer der Kalibrierung innerhalb des Bereichs von 0,65 m³/s und 0,50 m³/s liegen.
- b) Zeichne die Umgebungstemperatur T_0 und die Temperaturen T_1 , T_2 und T_3 im Abzugsrohr für mindestens 300 s auf. Messe die Oberflächentemperatur der Brennstoffwanne. Die Umgebungstemperatur muss innerhalb von (20 ± 10) °C liegen. Die Temperaturen im Abzugsrohr und die Temperatur der Brennstoffwanne dürfen um nicht mehr als 4 °C von der Umgebungstemperatur abweichen.
- c) Die Brennstoffwanne wird auf die Plattform des Probenträgerwagens gestellt, auf einer Norm-Calciumsilikatplatte mit den Abmessungen 400 mm × 400 mm. Unterstützungen von 100 mm Höhe heben die Calciumsilikatplatte über die Leitung, die diagonal über dem Boden des Probenträgerwagens verläuft. Die Brennstoffwanne wird so aufgestellt, dass der Abstand zwischen der inneren Ecke des Probenhalters und der Seitenwand der Brennstoffwanne 500 mm beträgt. Ist die Wanne richtig aufgestellt, beträgt der Abstand der Seitenwand der Brennstoffwanne sowohl von der Rück- als auch der Seitenwand mindestens 300 mm.
- d) Gieße $(2\,000 \pm 10)$ g Wasser in die Brennstoffwanne.
- e) Zeichne die Bedingungen vor dem Versuch im Versuchsprotokoll auf. Welche Daten aufzuzeichnen sind, ist in 8.3.2 beschrieben.
- f) Starte die Zeiterfassung und die automatische Messdatenerfassung: dieser Zeitpunkt wird definiert als $t = t_0$. Die alle 3 s aufzuzeichnenden Messdaten sind t , m_{gas} , x_{O_2} , x_{CO_2} , Δp , T_0 bis T_3 und das Signal des Lichtempfängers, in Übereinstimmung mit 8.4.
- g) Warte mindestens zwei Minuten und gieße dann vorsichtig $(2\,840 \pm 10)$ g Heptan auf das Wasser in der Brennstoffwanne.
- h) Warte mindestens eine Minute, dann entzünde das Heptan (t_1).
- i) Wenn der Abbrand beendet ist, wird die Messdatenerfassung für weitere fünf Minuten fortgesetzt und dann gestoppt (t_2).
- j) Zeichne die Bedingungen zum Ende des Versuchs auf. Welche Daten aufzuzeichnen sind, ist in 8.3.5 angegeben.

C.2.2.3 Berechnungen

Berechne die folgenden Größen:

- die gesamte Rauchgasfreisetzung TSP in Übereinstimmung mit A.6 über das Zeitintervall zwischen t_1 und t_2 . TSP wird dann durch die verwendete Masse des Brennstoffs m dividiert;
- die gesamte freigesetzte Wärme THR in Übereinstimmung mit A.5 über das Zeitintervall zwischen t_1 und t_2 . Die Berechnung der Wärmefreisetzung (siehe A.5.1.1) muss unter Verwendung eines Wertes für E von $16\,500\text{ kJ/m}^3$ (Wert für Heptan) durchgeführt werden. THR wird dann durch die verwendete Masse des Brennstoffs m dividiert;
- den Strömungsprofilfaktor $k_{t,\text{qheptane}}$, als

$$k_{t,\text{qheptane}} = k_t \frac{Y}{THR} \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist:

$k_{t,\text{qheptane}}$ ist der Strömungsprofilfaktor, abgestimmt auf den Energieinhalt des Heptans;

k_t ist der Strömungsprofilfaktor, der für die Berechnung von THR in b) benutzt wird;

THR ist die gesamte freigesetzte Wärme des Heptans in Übereinstimmung mit b) [MJ/kg];

Y ist der Energieinhalt des Heptans von $44,56\text{ MJ/kg}$.

C.2.2.4 Anforderungskriterien

Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt werden:

- das Verhältnis THR/m [MJ/kg] muss $44,56\text{ MJ/kg} \pm 5\%$ betragen;
- zur Zeit t_2 muss das Signal des Lichtempfängers innerhalb von 1% seines Anfangswertes liegen (d. h. zwischen 99% und 101% von $I(30\text{ s} \dots 90\text{ s})$);
- die Geräte-Ansprechzeit muss die Kriterien nach A.3.3 und A.3.4 erfüllen.

ANMERKUNG Das Verhältnis TSP/m [m^2/kg] kann zur Überprüfung der Lichtmessstrecke verwendet werden. Sein Wert sollte bei $(125 \pm 25)\text{ m}^2/\text{kg}$ liegen.

C.2.2.5 Kalibrierbericht

Der Kalibrierbericht muss die folgenden Informationen enthalten:

- die Kurvenverläufe von $SPR(t)$ und $HRR(t)$;
- die Verhältnisse TSP/m und THR/m ;
- die Werte für k_t , wie in der Berechnung von $HRR(t)$ verwendet, und von $k_{t,\text{qheptane}}$.

C.2.3 Geschwindigkeitsprofil-Faktor $k_{t,v}$

C.2.3.1 Allgemeines

Der $k_{t,v}$ -Faktor muss nach der Inbetriebnahme, Wartung, Reparatur oder dem Ersatz der bidirektionalen Sonde oder anderer Hauptkomponenten des Abzugssystems und mindestens jedes Jahr gemessen werden. Die Messungen werden mit einem Pitot-Rohr oder einem Hitzedraht-Anemometer durchgeführt.

C.2.3.2 Beschreibung der Messung

- Die Messgeräte müssen mit einer ausreichend hohen Dämpfung betrieben werden, so dass eine konstante Ablesung erreicht werden kann.
- Nachdem die Messsonde in das Abzugsrohr eingeführt wurde, muss sie mechanisch an der jeweiligen Position fixiert und nicht per Hand gehalten werden. Die horizontale und die vertikale Positionierung der Messsonde (welche auch immer gefordert wird) und der rechte Winkel zum Rohr muss überprüft werden.
- Die Einstecköffnung, die nicht durch das Anemometer benutzt werden, müssen verschlossen sein.
- Die Luftgeschwindigkeit muss 20 Mal an jeder Messposition gemessen werden, 10 Mal wenn die Messsonde von der Rohrmitte nach außen gezogen wird und 10 Mal, wenn nach innen zur Rohrmitte hin gemessen wird.
- Die Messpositionen befinden sich auf einem einzelnen Radius in den folgenden Abständen von der Rohrwand, dargestellt als Bruchteil des Radius (übernommen von ISO 3966:1977): 0,038, 0,153, 0,305, 0,434, 0,722 und 1,000 (Mitte). Die Positionen sind in Bild C.1 dargestellt.

ANMERKUNG Für den verwendeten Rohrdurchmesser (315 mm) sind diese Positionen (in Millimeter von der Rohrmitte): 0 mm; 43,7 mm; 89,1 mm; 109,5 mm; 133,4 mm; 151,5 mm.

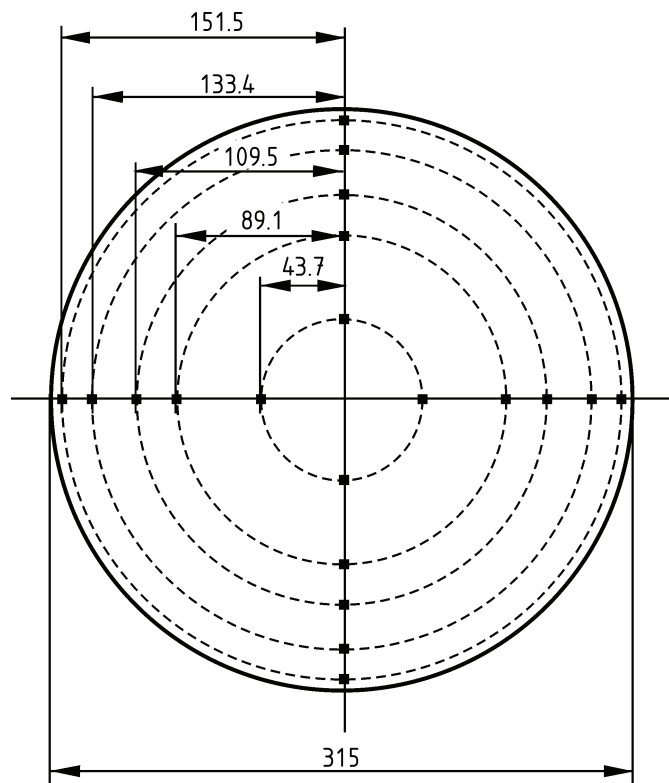


Bild C.1 — Teil des Abzugsrohr – Messpositionen zur Ermittlung der Luftgeschwindigkeit

C.2.3.3 Durchführung

Führe die folgenden Schritte durch:

- Stelle den Volumenstrom des Abzugs ein auf: $V_{298} = (0,60 \pm 0,05) \text{ m}^3/\text{s}$ (berechnet in Übereinstimmung mit A.5.1.1 a)).
- Zeichne die Temperaturen T_1 , T_2 und T_3 im Abzugsrohr und die Umgebungstemperatur für mindestens 300 s auf. Die Umgebungstemperatur muss innerhalb von $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ liegen und die Temperaturen im Rohr dürfen um nicht mehr als 4°C von der Umgebungstemperatur abweichen.
- Messe die Luftgeschwindigkeit an allen Messstellen, sechs Messstellen pro Einstecköffnung.
- Berechne die Luftgeschwindigkeit an allen Messstellen als Mittelwert aus 20 gemessenen Werten, dies ergibt V_c für die Rohrmitte und fünf Werte V_n für die fünf anderen Messstellen für jede Einstecköffnung.

ANMERKUNG Hieraus ergibt sich unter anderem, dass das Geschwindigkeitsprofil sowohl horizontal als auch vertikal über den gesamten Durchmesser gemessen und berechnet wird.

C.2.3.4 Berechnung von $k_{t,v}$

Für einen Radius n wird die mittlere Geschwindigkeit durch v_N dargestellt, die der Mittelwert aus den vier gemessenen v_n -Werte ist. Die Geschwindigkeit in der Rohrachse wird durch v_C dargestellt, die der Mittelwert aus den vier gemessenen v_C -Werten ist. Der Profil-Faktor $k_{t,v}$ ist dann:

$$\frac{1}{5} \sum \frac{v_N}{v_C}$$

C.2.3.5 Messbericht

Der Messbericht muss folgende Angaben enthalten:

- Das Geschwindigkeitsprofil auf Basis des Mittelwertes v_n auf fünf Radien und v_C , getrennt für jede Einstecköffnung (einen vertikalen und horizontalen Querschnitt);
- die Werte von vier v_n , vier v_C , v_N , v_C und das sich hieraus ergebende $k_{t,v}$.

C.2.4 Strömungsfaktor k_t

Der k_t -Faktor (verwendet für die Berechnung der Wärmefreisetzungsrate in A.5.1) muss als Mittelwert aus den drei Werten $k_{t,v}$, $k_{t,qgas}$ und $k_{t,qheptane}$ berechnet werden, wobei folgende Kriterien erfüllt werden müssen:

$$k_t = (k_{t,v} + k_{t,qgas} + k_{t,qheptane})/3 \quad (\text{C.3})$$

Kriterien:

$$|(k_t - k_{t,v})/k_t| \leq 5 \%$$

$$|(k_t - k_{t,qgas})/k_t| \leq 5 \%$$

$$|(k_t - k_{t,qheptane})/k_t| \leq 5 \%$$

Dabei ist:

$k_{t,v}$ Geschwindigkeitsprofil-Faktor, gemessen nach C.2.3;

$k_{t,qgas}$ Strömungsprofil-Faktor, berechnet nach C.2.1;

$k_{t,qheptane}$ Strömungsprofil-Faktor, berechnet nach C.2.2.

Anhang D (informativ)

Kalibrierverfahren

D.1 Verfahren für getrennte Teile der Apparatur

D.1.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beinhaltet Kalibrierverfahren, die die leistungsbezogene Kalibrieranforderung, auf die sie sich beziehen, erfüllen.

Gaskonzentrationsanteile in Prozent werden durch $100 V_{O_2}/V_{air}$ und $100 V_{CO_2}/V_{air}$ dargestellt.

D.1.2 Einstellung des Sauerstoff-Analysegeräts

Die Einstellung des Gasanalysegeräts kann mit Hilfe der folgenden Schritte durchgeführt werden.

- a) Für die Nullpunkt-Einstellung führe dem Gasanalysegerät sauerstofffreies Stickstoffgas mit der gleichen Strömungsgeschwindigkeit und dem gleichen Druck wie beim Probengas zu. Hat das Gerät seinen Ausgleichszustand erreicht, stelle das Ausgangssignal auf $(0,00 \pm 0,01)$ % ein.
- b) Für die Kalibrierung des Messbereichs kann entweder getrocknete Umgebungsluft oder einer spezifiziertes Gas mit einem Sauerstoffgehalt von $(21,0 \pm 0,1)$ % verwendet werden. Wenn getrocknete Umgebungsluft für die Messbereichskalibrierung verwendet wird, sollte der Rauchgas-Abzug mit $(0,60 \pm 0,05)$ m³/s während der gesamten Kalibrierung laufen. Wenn ein spezifiziertes Gas verwendet wird, wird der Rauchgas-Abzug nicht benötigt. Hat das Analysegerät seinen Ausgleichszustand erreicht, stelle das Ausgangssignal bei Verwendung von getrockneter Umgebungsluft auf $(20,95 \pm 0,01)$ % ein und bei Verwendung des spezifizierten Gases auf innerhalb von 0,01 % des tatsächlichen Sauerstoffgehalts ein.

ANMERKUNG Bei bestimmten Analysegeräten hat der Begriff Nullpunkt und Messbereich eine unterschiedliche Bedeutung, das heißt, für Analysegeräte mit einem kleineren Messbereich als 0 % bis 21 %. In diesen Fällen darf ein Analogverfahren gewählt werden.

D.1.3 Einstellung des Kohlendioxid-Analysegeräts

Die Einstellung des Kohlendioxid-Analysegeräts kann mit Hilfe des folgenden Verfahrens durchgeführt werden.

- a) Für die Nullpunkt-Einstellung führe dem Gasanalysegerät kohlendioxidfreies Stickstoffgas mit der gleichen Strömungsgeschwindigkeit und dem gleichen Druck wie beim Probengas zu. Hat das Gerät seinen Ausgleichszustand erreicht, stelle das Ausgangssignal auf $(0,00 \pm 0,01)$ % ein.
- b) Für die Kalibrierung der Messbereichsspanne sollte ein spezifiziertes Gas mit einem Kohlendioxidgehalt zwischen 5 % und 10 % verwendet werden. Führe das Gas dem Analysegerät mit der gleichen Strömungsrate und dem gleichen Druck zu wie beim Probengas. Hat das Analysegerät seinen Ausgleichszustand erreicht, stelle das Ausgangssignal auf $\pm 0,01$ % des Kohlendioxidgehalts des spezifizierten Gas ein.

D.1.4 Überprüfung des Propangas-Massenstrom-Reglers

D.1.4.1 Allgemeines

Die Genauigkeit des Massenstrom-Reglers kann unter Verwendung einer einzelnen Propangas-Flasche und des Hauptbrenners mit Einstellung des für die Normprüfungen verwendeten Propangasmassenstrom von (647 ± 10) mg/s überprüft werden. Die Gasverbrauchs-Rate wird bestimmt über die Anfangs- und Endmasse der Gasflasche. Benutze eine Waage oder Wiegeeinrichtung mit einer Genauigkeit von 5 g oder besser.

D.1.4.2 Verfahren

- Setze die Gasflasche auf die Wiegeeinrichtung und verbinde die Flasche mit dem Gasversorgungssystem.
- Richte die Prüfeinrichtung so ein wie bei einer Norm-Kalibrierung mit eingebauten rückseitigen Abschlussplatten. Zünde den Hauptbrenner und stelle die Gaszufuhr auf (647 ± 10) mg/s ein, um so den Hauptbrenner mit der gleichen Norm-Strömungsrate zu betreiben wie bei Norm-Prüfungen.
- Bestimme die Masse der Flasche auf und starte gleichzeitig die Zeitmessung.
- Nach $(3\ 600 \pm 30)$ s bestimme erneut die Masse des Zylinders und stoppe gleichzeitig die Zeitmessung.
- Bestimme die mittlere Verbrauchsrate an Gas in mg/s.

D.1.4.3 Kriterium

Die mittlere Verbrauchsrate an Gas eingestellt in b) und bestimmt in e) sollte auf 6 mg/s gleich sein.

D.1.5 Überprüfung mit optischen Filtern

D.1.5.1 Allgemeines

Die Lichtmessstrecke kann unter Verwendung des folgenden Verfahrens kalibriert werden.

D.1.5.2 Verfahren

Führe die folgenden Schritte mit laufender Messeinrichtung und mit dem Probenträgerwagen (ohne Proben, mit rückseitigen Abschlussplatten) im Gestell unter der Abzugshaube durch.

- Setze einen lichtundurchlässigen Einsatz in den Filterhalter ein und justiere auf Null.
- Entferne den lichtundurchlässigen Einsatz und stelle das Signal vom Lichtempfänger auf 100 % ein.
- Starte die Zeiterfassung und zeichne das Signal vom Lichtempfänger für eine Dauer von 2 Minuten auf.
- Führe einen der folgenden Filter mit optischen Dichten (d) von 0,1, 0,3, 0,5, 0,8, 1,0 und 2,0 ein und zeichne das entsprechende Signal für mindestens einer Minute auf.
- Wiederhole Schritt d) mit den anderen Filtern.
- Stoppe die Datenerfassung und berechne die mittleren Transmissionswerte für alle Filter.

D.1.5.3 Kriterium

Jeder d -Wert, der aus dem mittleren Transmissionswert ($d = -\log(I)$) berechnete wurde, sollte innerhalb von $\pm 5\%$ oder innerhalb von $\pm 0,01$ vom theoretischen d -Wert des Filters liegen.

ANMERKUNG Die theoretischen Transmissionswerte für die gegebenen d -Werte 0,1, 0,3, 0,5, 0,8, 1,0 und 2,0 sind bei Verwendung der aufgeführten Gleichung: 79,43 %, 50,12 %, 31,62 %, 15,85 %, 10 % und 1 %.

D.2 Überprüfung der thermischen Beanspruchung auf den Proben

D.2.1 Allgemeines

Die Wiederholbarkeit des Wärmeflusses auf die Proben sollte nach jeder Einrichtung, Wartung, Reparatur oder dem Ersetzen des Hauptbrenners oder anderer wesentlicher Komponenten, die die Flammen des Brenners beeinflussen können, durch die Messung des Wärmeflusses an den folgenden drei Positionen am breiten Probenflügel überprüft werden.

- Position 1: 8 cm von der Ecke und 16 cm von der Oberkante des Brenners entfernt;
- Position 2: 8 cm von der Ecke und 75 cm von der Oberkante des Brenners entfernt;
- Position 3: 20 cm von der Ecke und 30 cm von der Oberkante des Brenners entfernt.

Für regelmäßige Kalibrierungen oder nach Änderungen des Brenners (zum Beispiel: der alte Sand wird durch neuen Sand ersetzt) reicht eine Messung des Wärmestroms an Position 3 aus.

Diese Überprüfung wird mit einer rückseitigen Abschlussplatte aus Calciumsilikat als breiter Probenflügel (siehe 4.4.10) mit drei Bohrungen (Durchmesser ist 26 mm) an den gegebenen Positionen durchgeführt.

D.2.2 Verfahren

Vor der Zündung des Brenners setze ein Wärmestromdichte-Messgerät in eine der Bohrungen der breiten rückseitigen Abschlussplatte (die kurze rückseitige Abschlussplatte ist ebenfalls eingebaut) und verschließe die anderen Bohrungen.

ANMERKUNG Das Wärmestromdichte-Messgerät sollte vom Typ Schmidt-Boelter sein mit einem Durchmesser von 25,4 mm, das zwischen 0 kW/m^2 und 100 kW/m^2 kalibriert ist. Das Wärmestromdichte-Messgerät sollte mit Wasser mit einer Temperatur über 20°C gekühlt werden. Die Schwarzkörper-Oberfläche des Wärmestromdichte-Messgeräts sollte mit der Oberfläche der Abschlussplatte abschließen.

Bei unter normalen Bedingungen arbeitendem SBI-Prüfgerät (siehe 8.2) zeichne die Wärmestromdichte für 5 min nach Zündung des Brenners auf. Berechne dann den Mittelwert der zwischen 240 s und 300 s nach Zündung gemessenen Wärmestromdichte.

Nach Einrichtung, Wartung, Reparatur oder dem Ersetzen des Hauptbrenners oder anderer wesentlicher Komponenten, die die Flammen des Brenners beeinflussen können, wiederhole die Messung fünfmal. Berechne den Mittelwert aus den Ergebnissen der fünf Messungen für jede Position. Die relative Standardabweichung sollte kleiner als 4 % sein.

Für regelmäßige Kalibrierungen (in Position 3) reicht eine Messung aus. Wenn die Abweichung zwischen diesem Ergebnis und dem Mittelwert aus der fünffachen Messung mehr als 4 % beträgt, überprüfe den Brenner oder andere Teile des Prüfgeräts und führe eine fünffache Messung in den drei Positionen durch.

Anhang E (normativ)

Konstruktionszeichnungen

Maße in mm

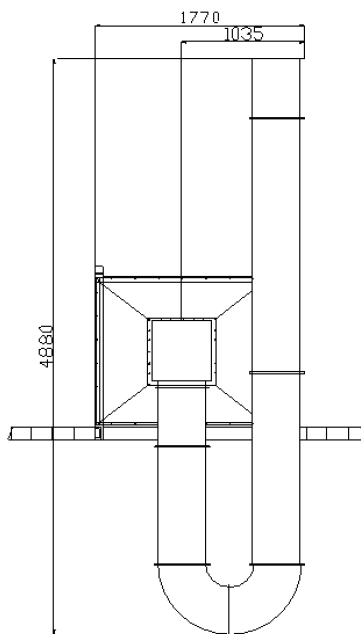
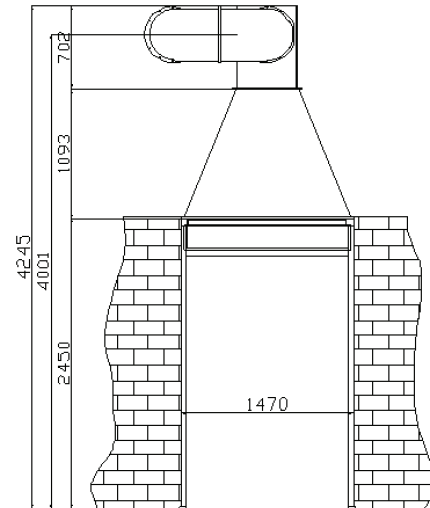
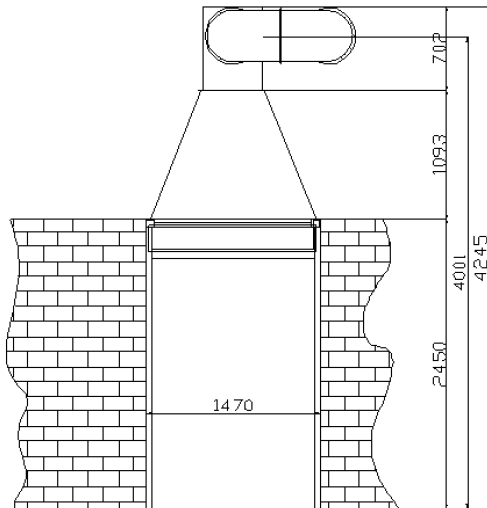
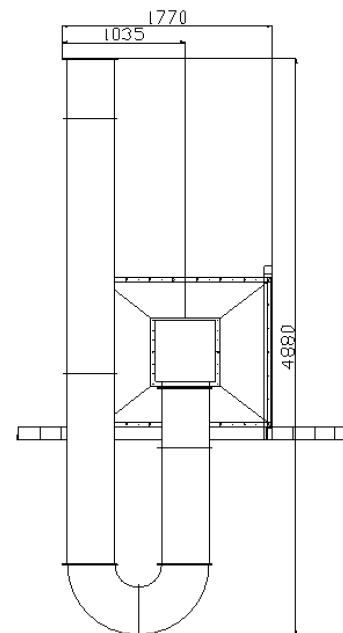
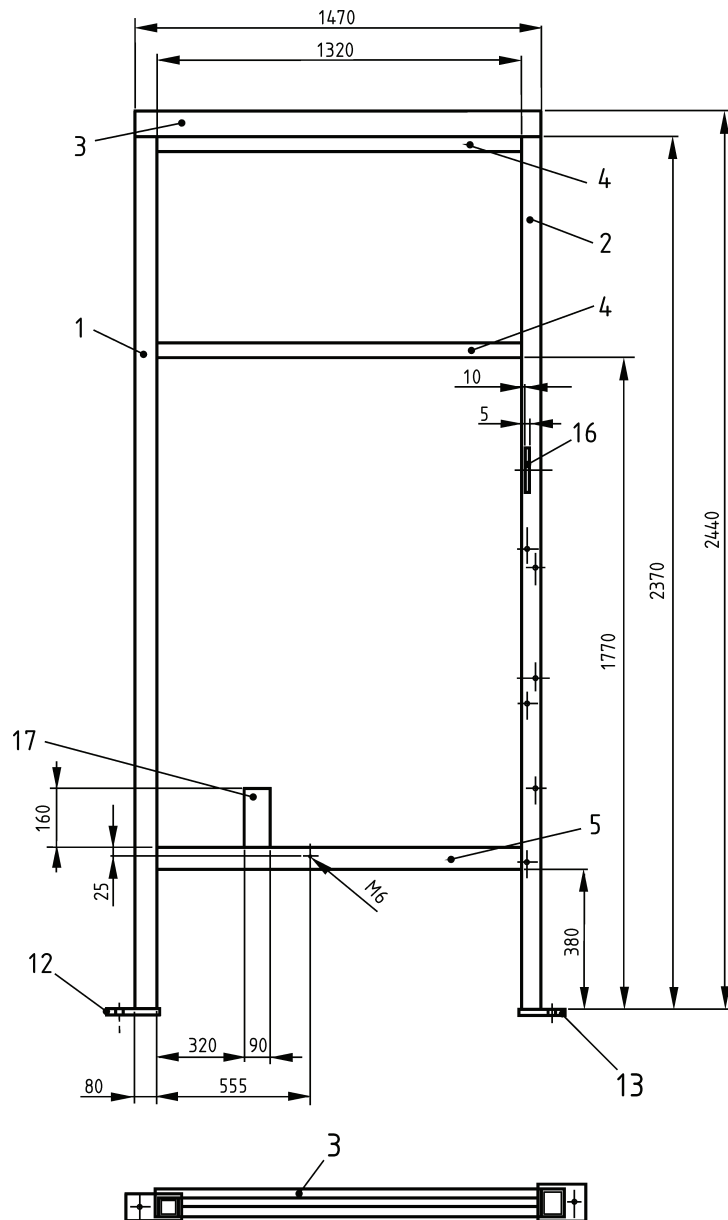


Bild E.1 a)



BildE.1 b)

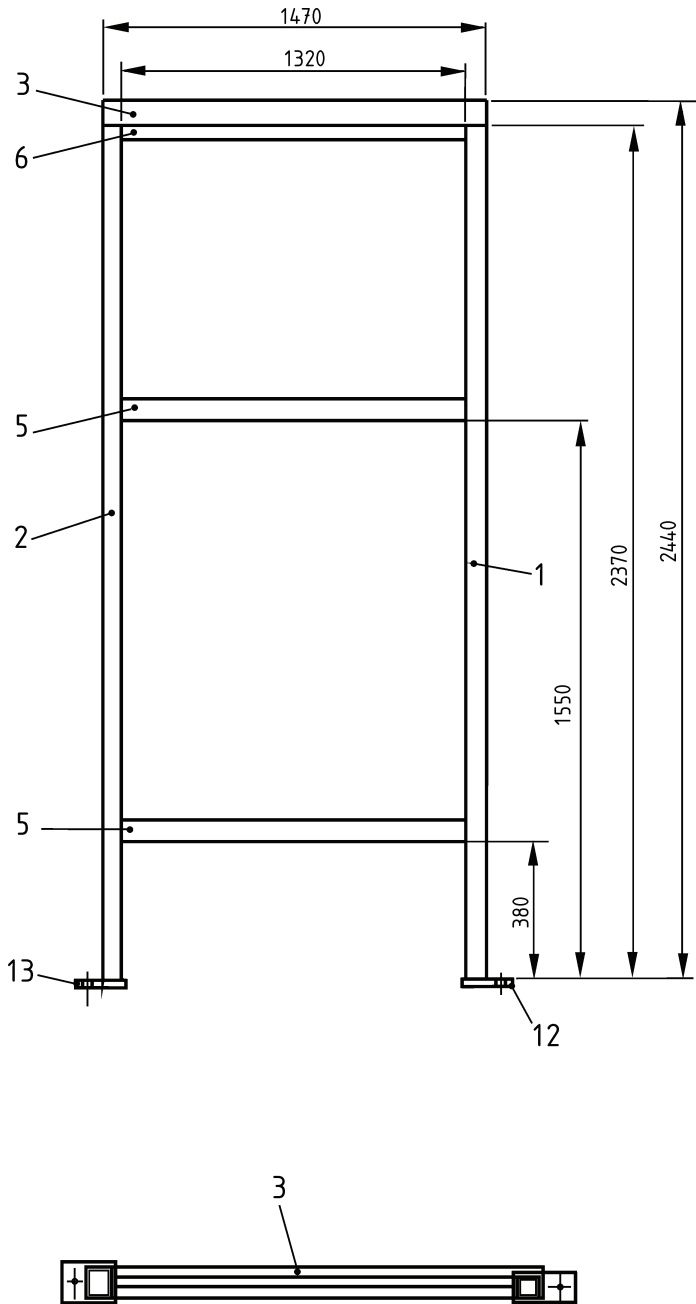
**Bild E.1 – Abzug, Ansichten – die zwei konstruktiven Ausführungen (links oder rechtsseitiger Abzug)
(siehe 4.5.3)**



Ref.	Beschreibung	Anzahl
1	Rohr 80 x 80 x 4 / L = 2370	2
2	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 2370	2
3	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1470	2
4	Rohr 40 x 20 x 3 / L = 1320	2
5	Rohr 60 x 40 x 4 / L = 1320	3
12	Stahlplatte 200 x 70 x 10	2
13	Stahlplatte 170 x 90 x 10	2
14	Rohr 20 x 20 x 2 / L = 1280	1
15	Rohr 20 x 20 x 2 / L = 60	1
16	Stahlplatte 240 x 130 x 5	1
17	Stahlplatte 160 x 90 x 5	1

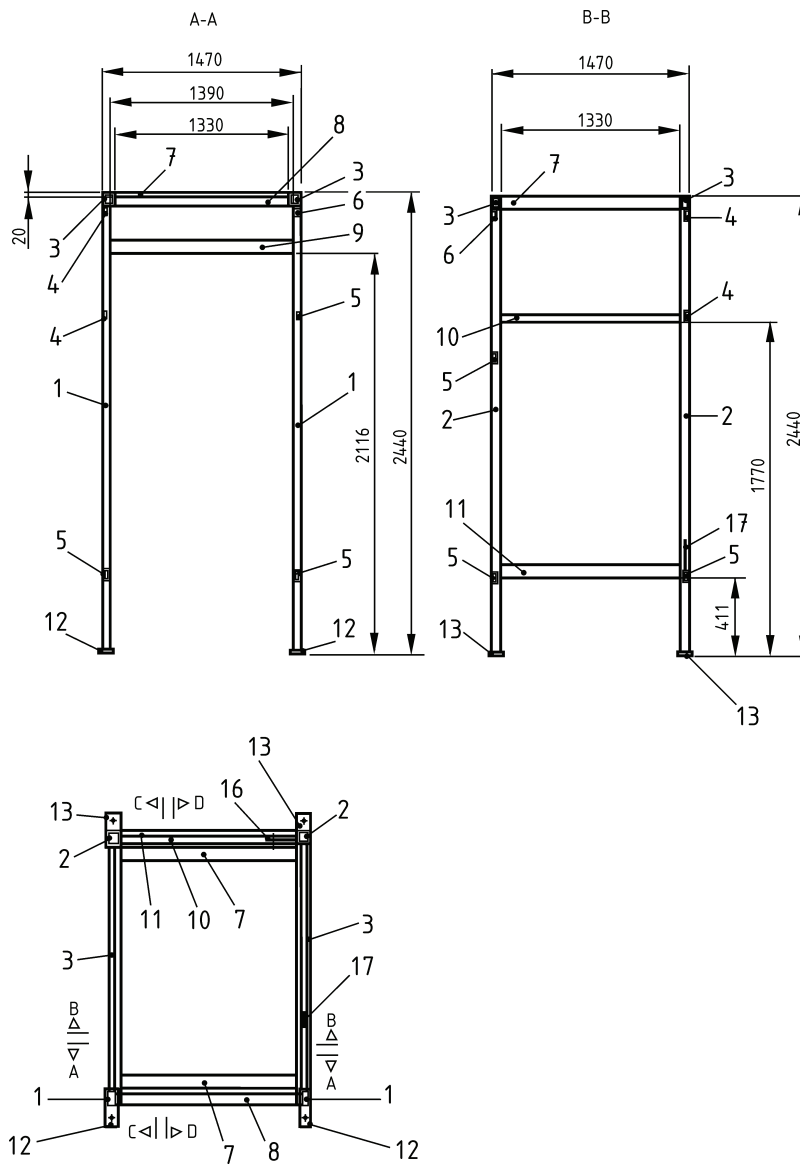
Bild E.2 – Rahmen, geschweißte Teile, rechte Seite

Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Anzahl
1	Rohr 80 x 40 x 4 / L = 2370	2
2	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 2370	2
3	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1470	2
5	Rohr 60 x 40 x 4 / L = 1320	3
6	Rohr 40 x 40 x 3 / L = 1320	1
12	Stahlplatte 200 x 70 x 10	2
13	Stahlplatte 170 x 90 x 10	2

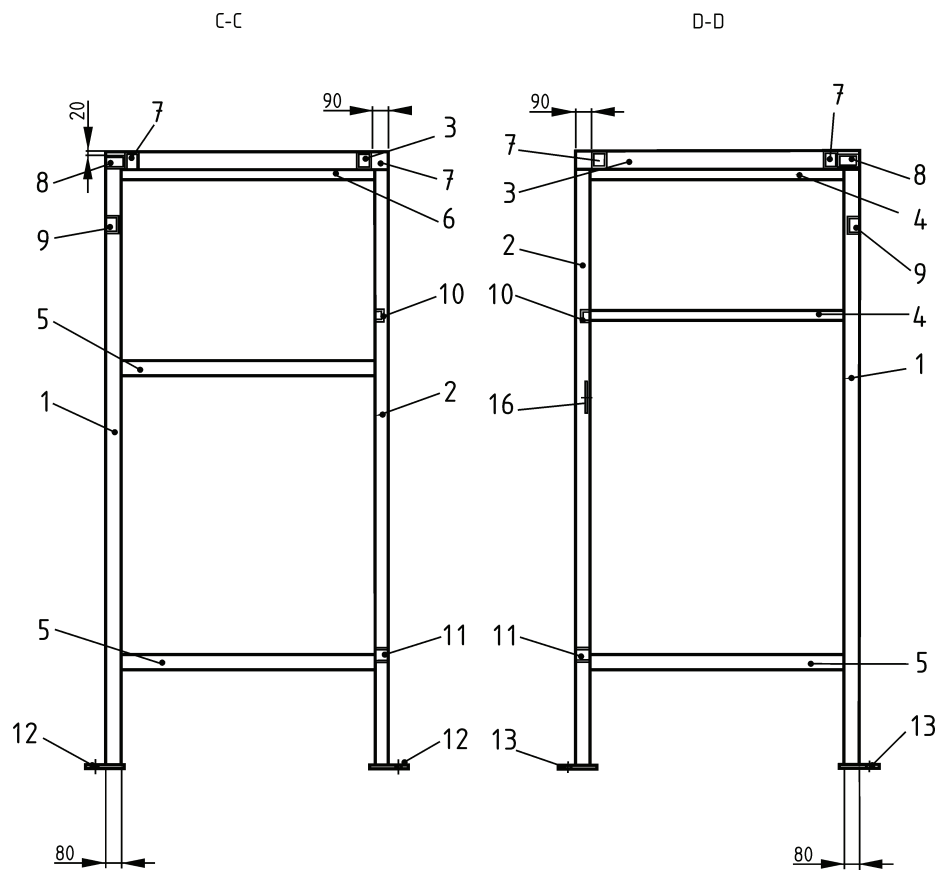
Bild E.3 – Rahmen, geschweißte Teile, linke Seite



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Rohr 80 x 40 x 4 / L = 2370	2
2	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 2370	2
3	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1470	2
4	Rohr 40 x 20 x 3 / L = 1320	2
5	Rohr 60 x 40 x 4 / L = 1320	3
6	Rohr 40 x 40 x 3 / L = 1320	1
7	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1330	2
8	Rohr 100 x 50 x 5 / L = 1330	1
9	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1390	2
10	Rohr 40 x 40 x 3 / L = 1330	1
11	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1330	1
12	Stahlplatte 200 x 70 x 10	2
13	Stahlplatte 170 x 90 x 10	2
14	Rohr 20 x 20 x 2 / L = 1280	1
16	Stahlplatte 240 x 130 x 5	1
17	Stahlplatte 160 x 90 x 5	1

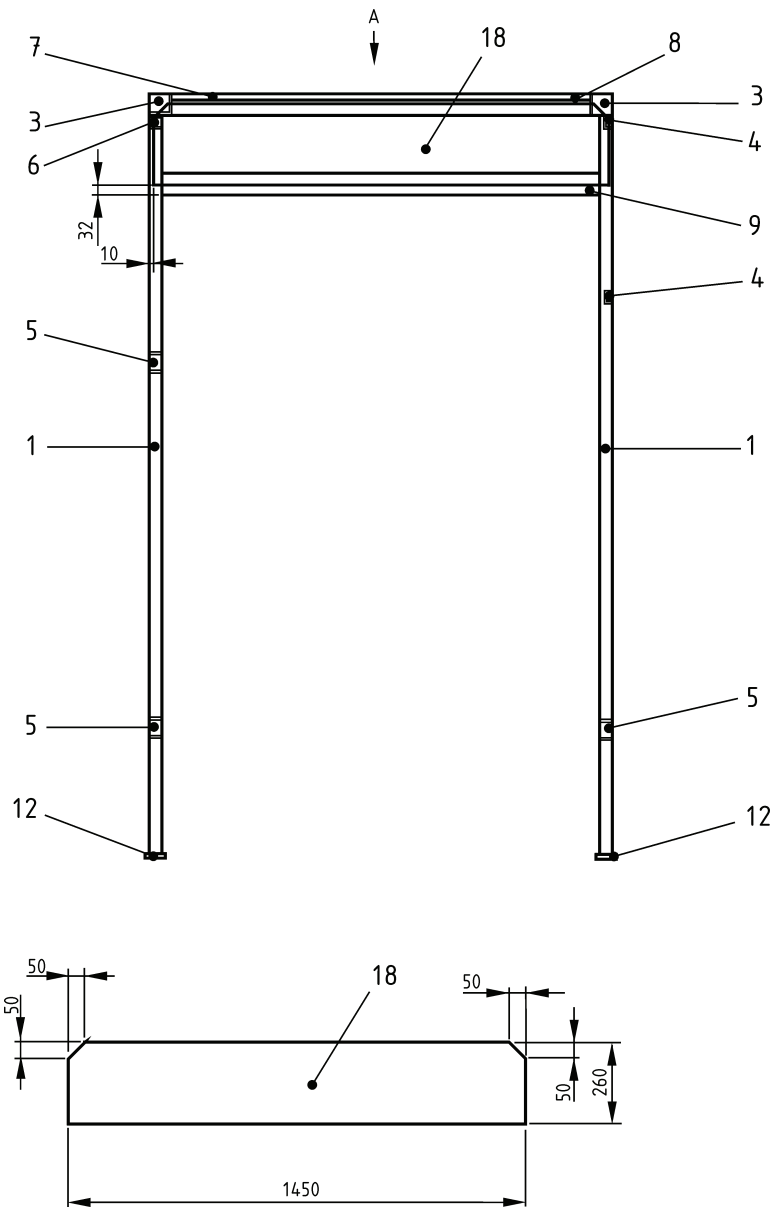
Bild E.4 – Rahmen, geschweißte Teile, Schnitt A und B

Maße in mm



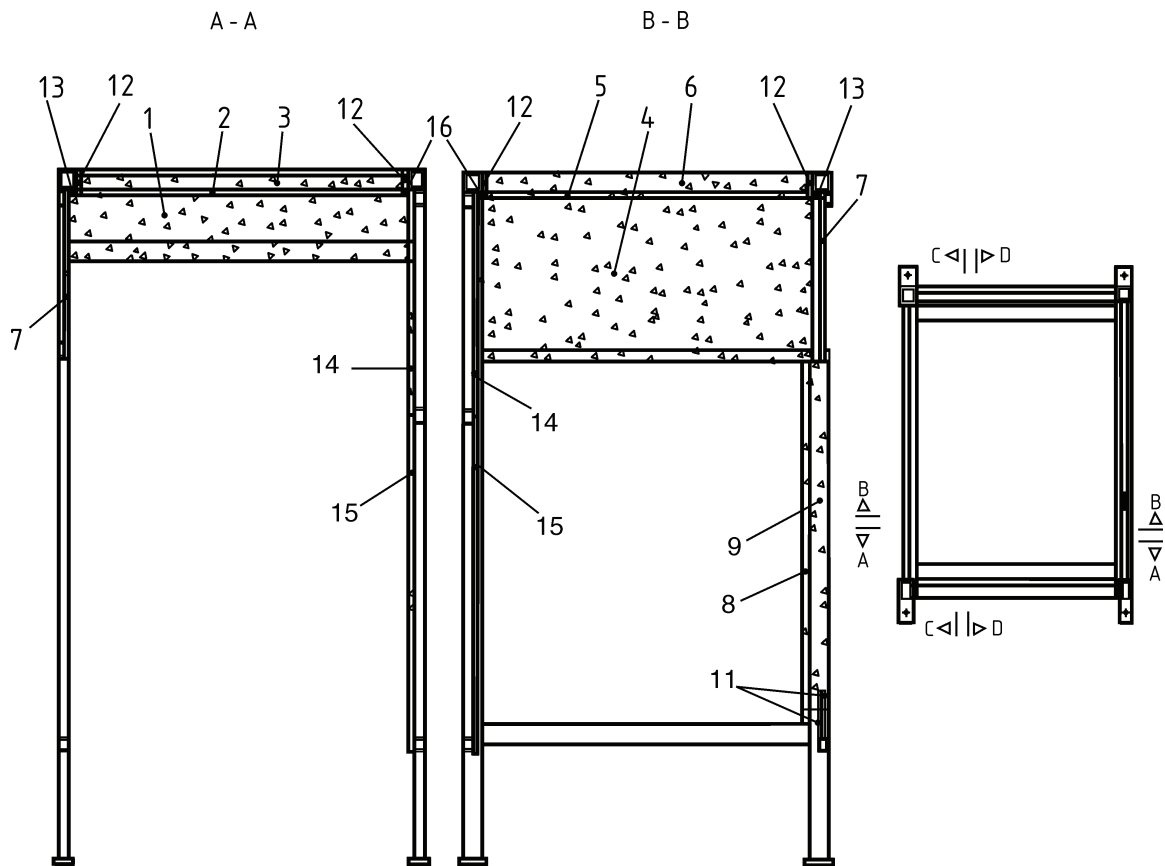
Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Rohr 80 x 40 x 4 / L = 2370	2
2	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 2370	2
3	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1470	2
4	Rohr 40 x 20 x 3 / L = 1320	2
5	Rohr 60 x 40 x 4 / L = 1320	1
6	Rohr 40 x 40 x 3 / L = 1320	1
7	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1330	2
8	Rohr 100 x 50 x 5 / L = 1330	1
9	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1390	2
10	Rohr 40 x 40 x 3 / L = 1330	1
11	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1330	1
12	Stahlplatte 200 x 70 x 10	2
13	Stahlplatte 170 x 90 x 10	2
14	Rohr 20 x 20 x 2 / L = 1280	1
16	Stahlplatte 240 x 130 x 5	1
17	Stahlplatte 160 x 90 x 5	1

Bild E.5 – Rahmen, geschweißte Teile, Schnitt C und D



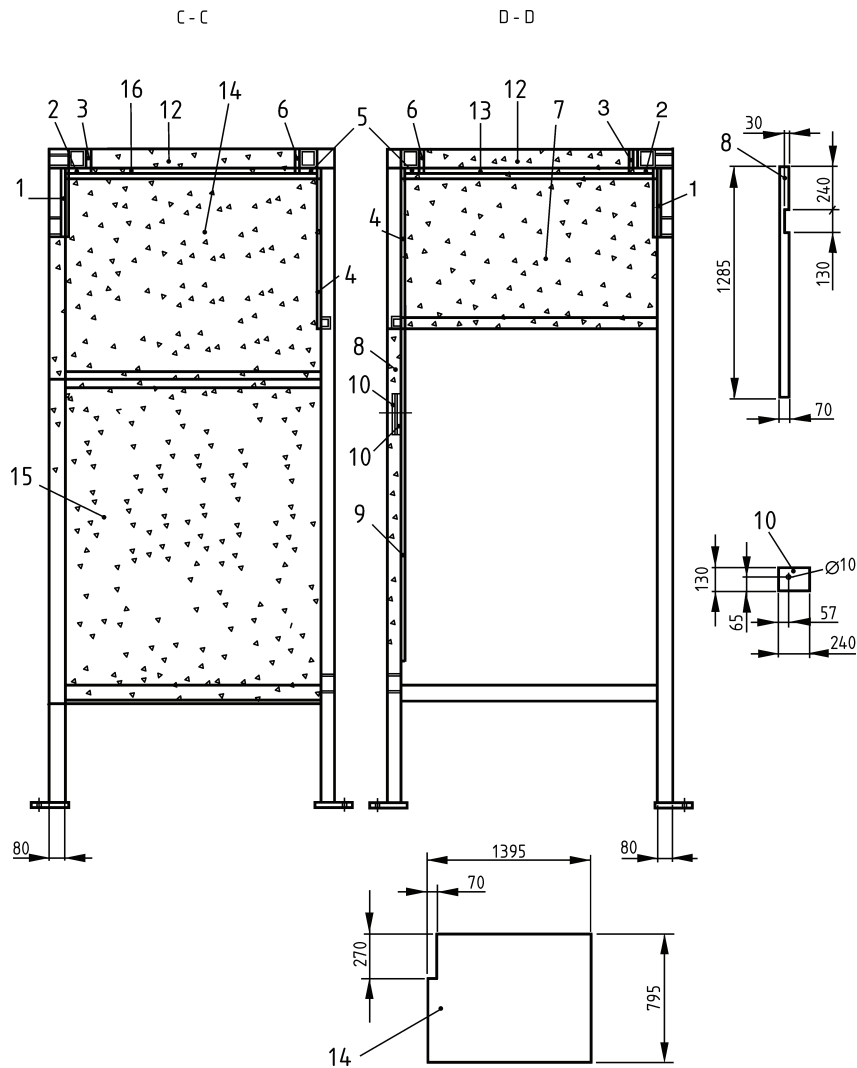
Ref.	Beschreibung	Nummer
A	Ansicht der Vorderseite (mit befestigten Platten an der Vorderseite)	
1	Rohr 80 x 40 x 4 / L = 2370	2
3	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1470	2
4	Rohr 40 x 20 x 3 / L = 1320	2
5	Rohr 60 x 40 x 4 / L = 1320	3
6	Rohr 40 x 40 x 3 / L = 1320	1
7	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1330	2
8	Rohr 100 x 50 x 5 / L = 1330	1
9	Rohr 70 x 70 x 5 / L = 1390	2
12	Stahlplatte 200 x 70 x 10	2
18	Stahlplatte 1450 x 260 x 2	1

Bild E.6 – Rahmen, geschweißte Teile, Ansicht der Vorderseite (mit befestigten Platten an der Vorderseite)



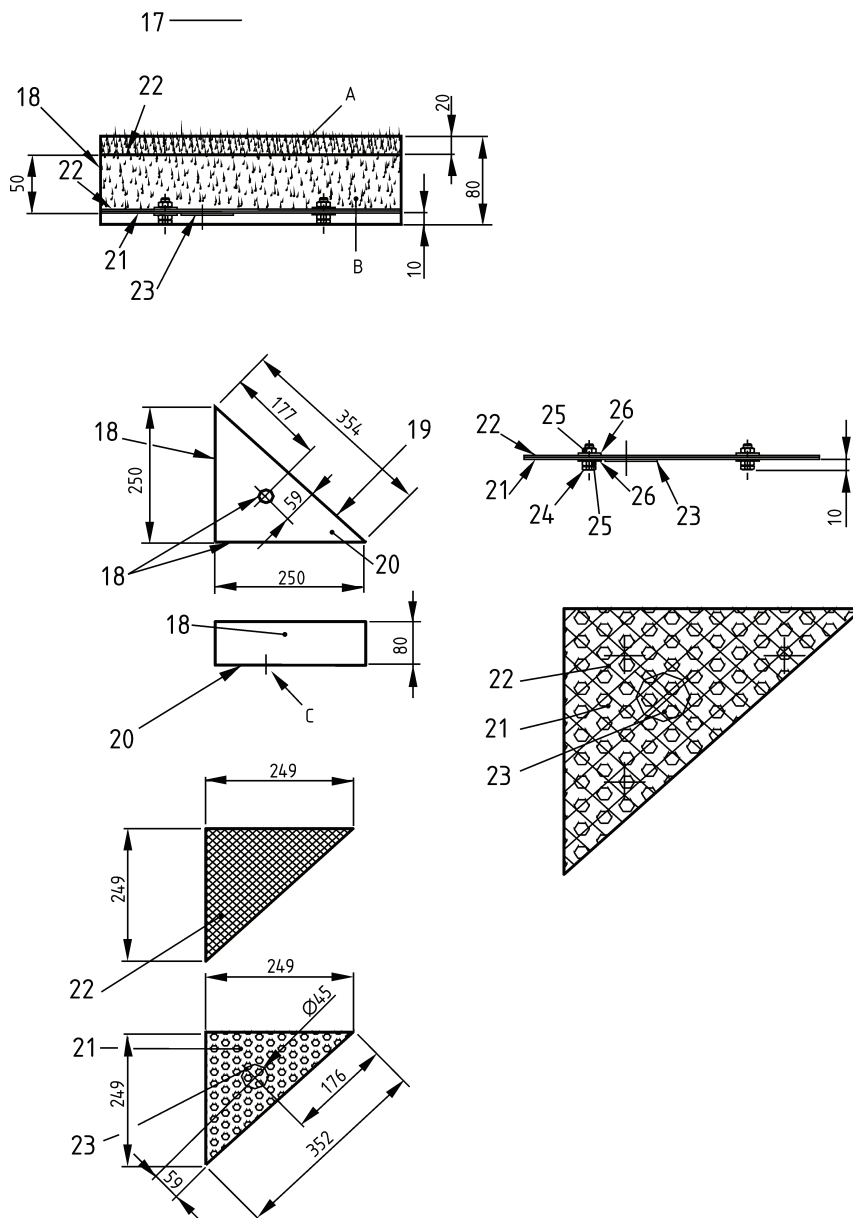
Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1375 x 255 x 20	1
2	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1375 x 100 x 20	1
3	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1300 x 70 x 20	1
4	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1375 x 600 x 20	1
5	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1345 x 70 x 20	1
6	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1325 x 90 x 20	1
7	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1320 x 600 x 20	1
8	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1285 x 70 x 20	1
9	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1235 x 90 x 20	1
10	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 240 x 130 x 12	2
11	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 160 x 90 x 12	2
12	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1095 x 90 x 20	2
13	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1185 x 30 x 20	2
14	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1395 x 795 x 12	1
15	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1395 x 1200 x 12	1
16	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1115 x 18 x 20	1

Bild E.7 – Rahmen, Bekleidung, Schnitt A und Schnitt B



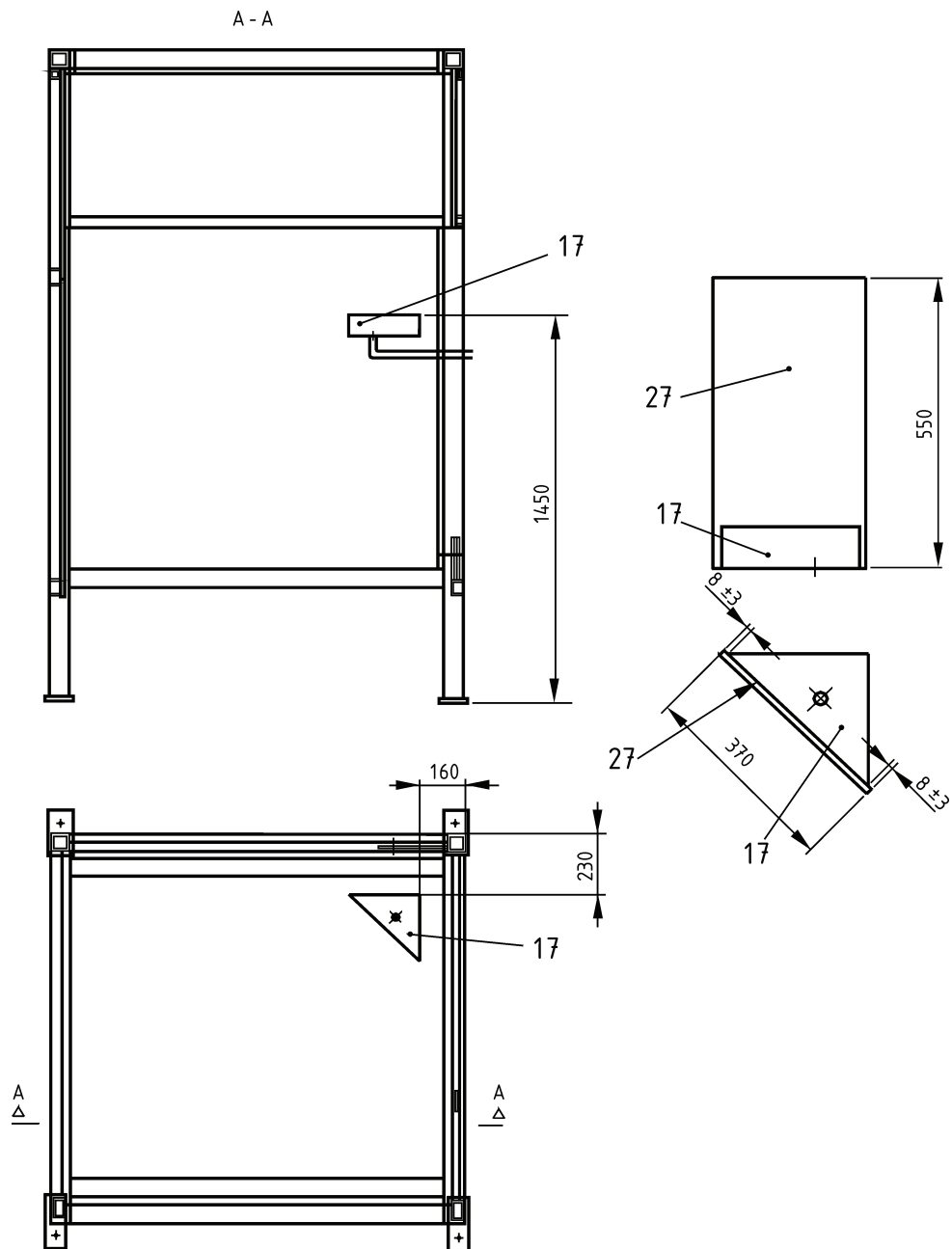
Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1375 x 255 x 20	1
2	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1375 x 100 x 20	1
3	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1300 x 70 x 20	1
4	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1300 x 70 x 20	1
5	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1375 x 600 x 20	1
6	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1345 x 70 x 20	1
7	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1325 x 90 x 20	1
8	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1320 x 600 x 20	1
9	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1285 x 70 x 20	1
10	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1235 x 90 x 20	2
11	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 160 x 90 x 12	2
12	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1095 x 90 x 20	2
13	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1185 x 30 x 20	1
14	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1395 x 795 x 12	1
15	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1395 x 1200 x 12	1
16	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1115 x 18 x 20	1

Bild E.8 – Rahmen, Bekleidung, Schnitt C und Schnitt D



Ref.	Beschreibung	Nummer
A	ungebrochener Flußsand 2-4 mm	
B	ungebrochener Kies 4-8 mm	
C	Gasverbindung	
17	Brenner	1
18	Stahlplatte 250 x 80 x 2	2
19	Stahlplatte 250 x 80 x 2	1
20	Stahlplatte 250 x 250 x 2	1
21	Perforiert (50 % Ø 10) Stahlplatte 249 x 249 x 2	1
22	Drahtgeflecht (<2 x Ø 0,5) 249 x 249	2
23	Stahlplatte Ø 25 x 2	1
24	Schraube M6 x 15	3
25	Mutter M6	6
26	Unterlegscheibe M6	6

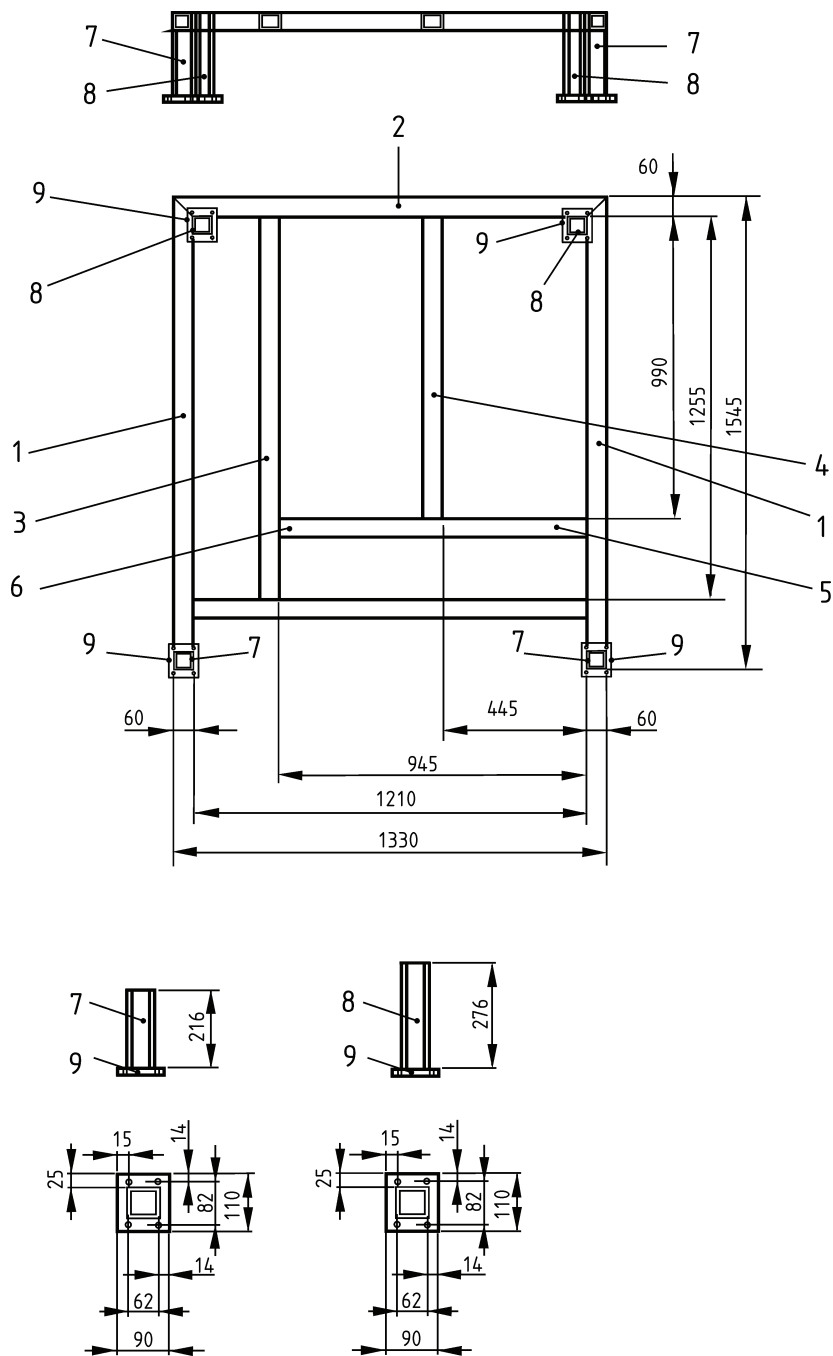
Bild E.9 – Sandbett-Brenner



Ref.	Beschreibung	Nummer
17	Nebenzubehöer	1
27	Calciumsilikat (870 kg/ m ³) 550 x 370 x 12	1

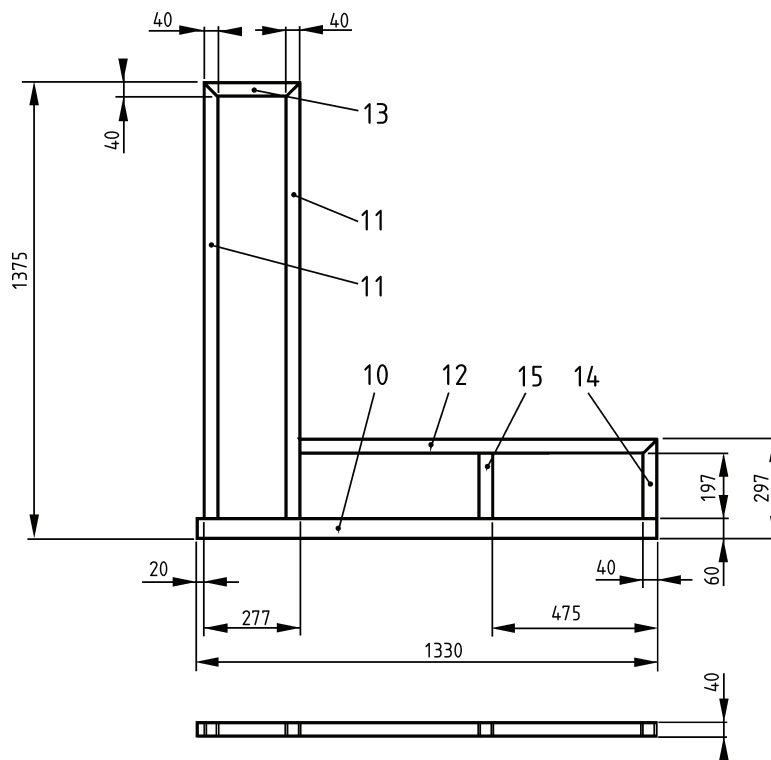
Bild E.10 – Rahmen, Bekleidung, Ansicht und Schnitt A

Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1545	2
2	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1330	1
3	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1255	1
4	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 990	1
5	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 945	1
6	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1210	1
7	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 216	2
8	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 276	2
9	Stahlplatte 110 x 90 x 10	4

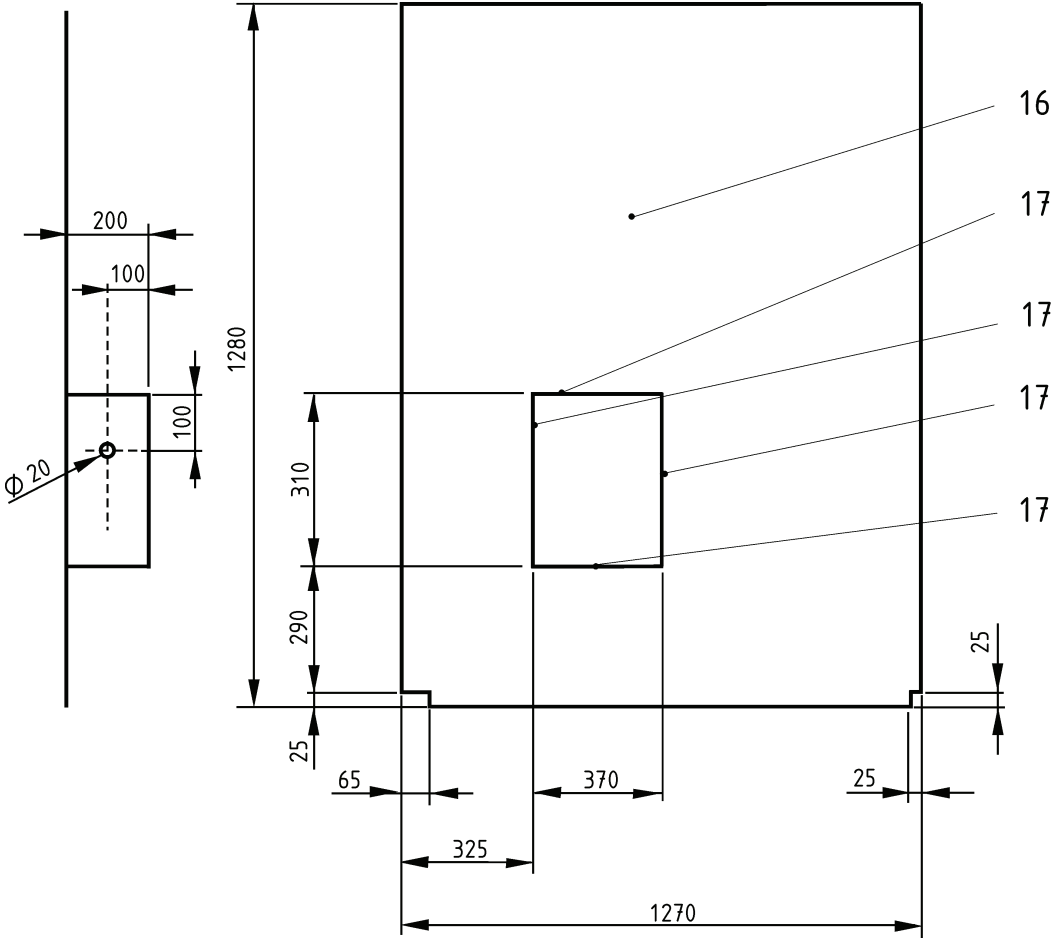
Bild E.11 – Probenträgerwagen, geschweißte Teile, Unterseite



Ref.	Beschreibung	Nummer
10	Rohr 60 x 40 x 4 / L = 1330	1
11	Rohr 40 x 40 x 4 / L = 1315	2
12	Rohr 40 x 40 x 4 / L = 1033	1
13	Rohr 40 x 40 x 4 / L = 277	1
14	Rohr 40 x 40 x 4 / L = 237	1
15	Rohr 40 x 40 x 4 / L = 197	1

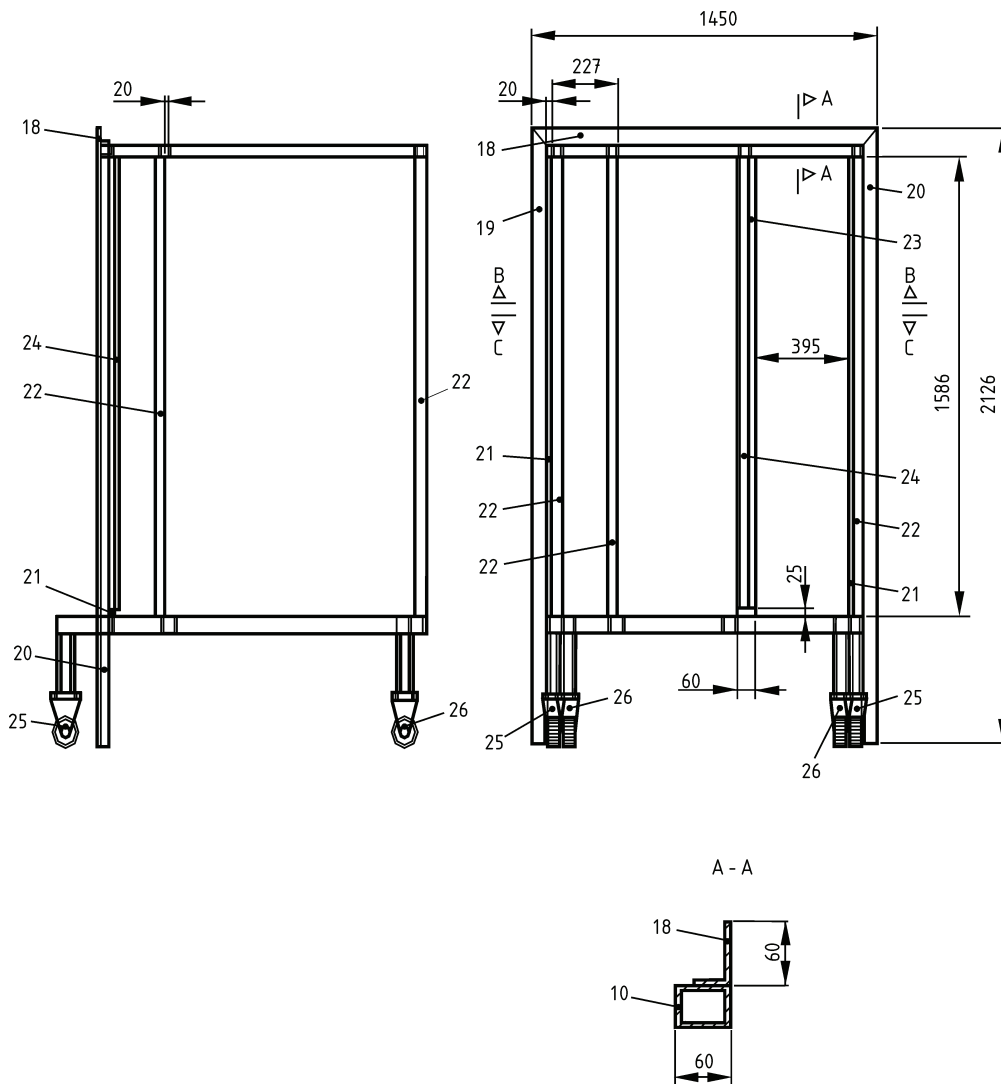
Bild E.12 – Probenträgerwagen, geschweißte Teile, oberseitiger Rahmen

Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Nummer
16	Stahlplatte 1280 x 1270 x 2	1
17	Stahlplatte 310 x 200 x 2	4

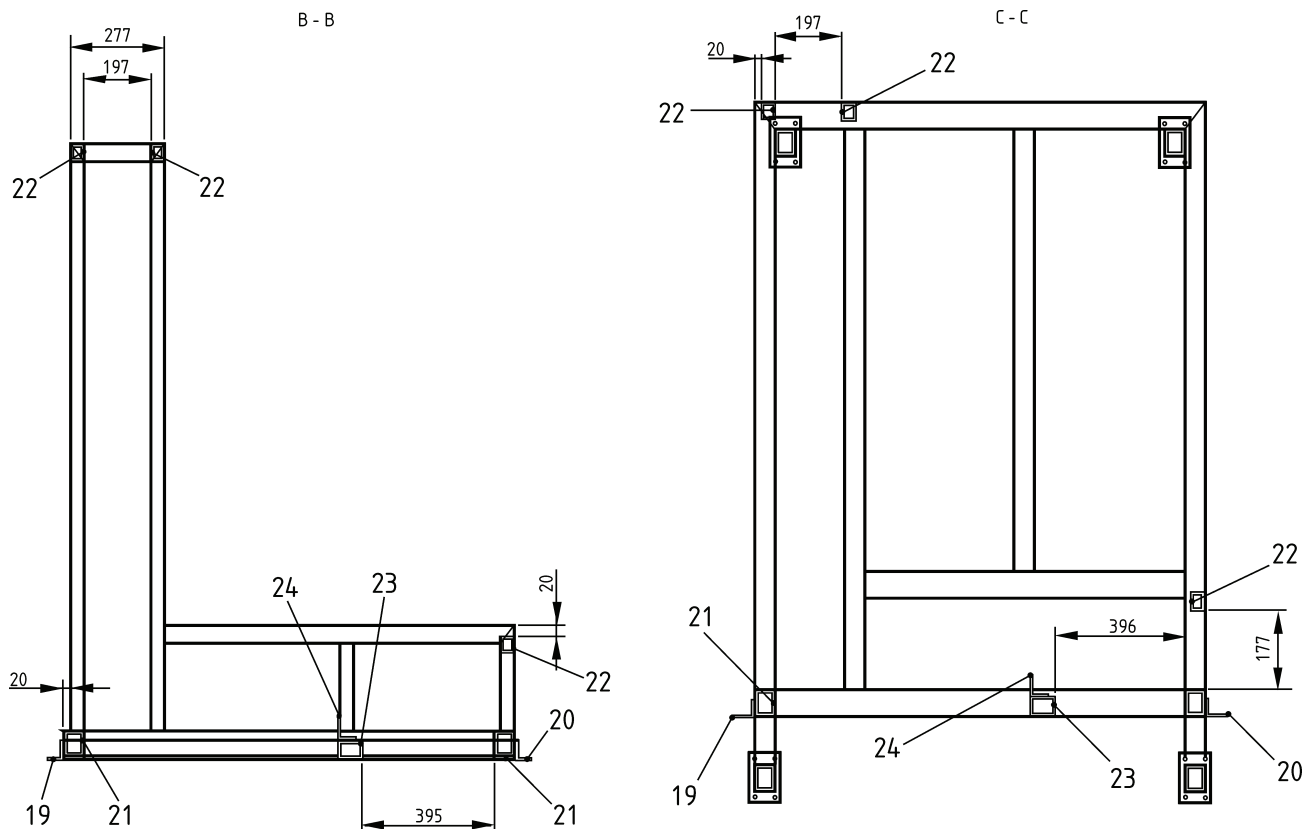
Bild E.13 – Probenträgerwagen, geschweißte Teile, Bodenplatte



Ref.	Beschreibung	Nummer
18	L-Profil 60 x 40 x 5 / L = 1450	1
19	L-Profil 60 x 40 x 5 / L = 2126	1
20	L-Profil 60 x 40 x 5 / L = 2126	1
21	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1586	2
22	Rohr 60 x 40 x 5 / L = 1586	3
23	Rohr 60 x 40 x 5 / L = 1586	1
24	L-Profil 30 x 30 x 5 / L = 1561	1
25	vert. drehbares Rad / h = 164	2
26	feststehendes Rad / h = 164	2

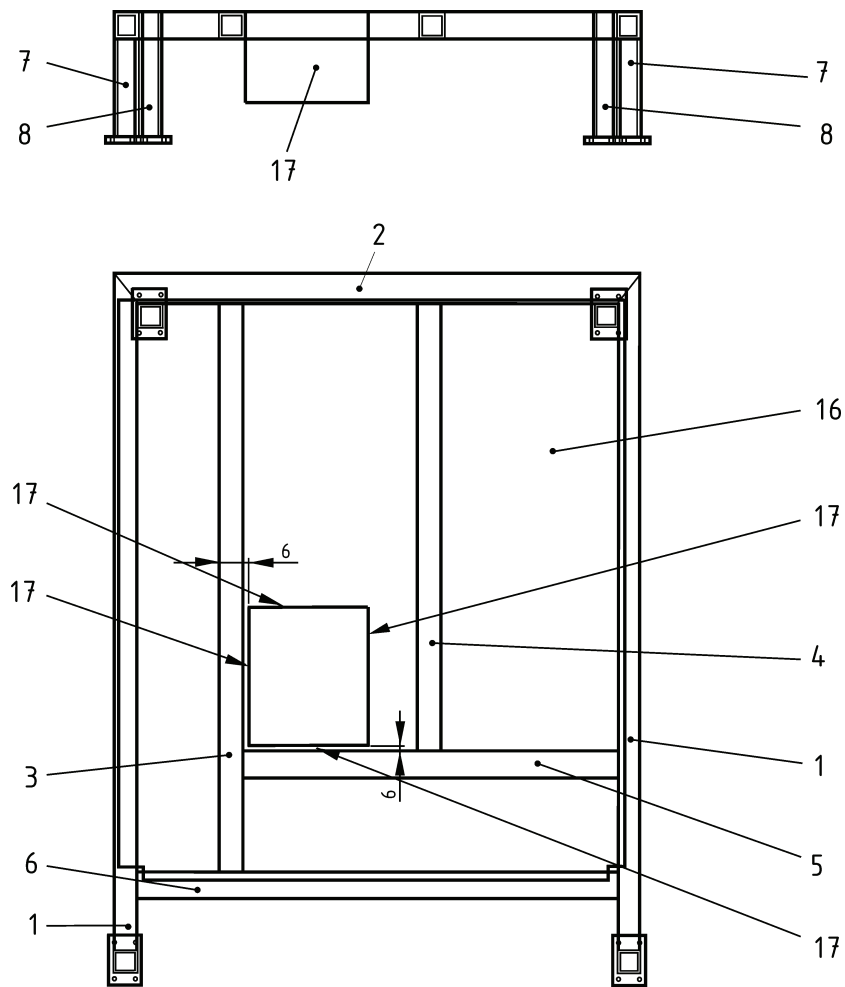
Bild E.14 – Probenträgerwagen, geschweißte Teile, Ansichten und Schnitt A

Maße in mm



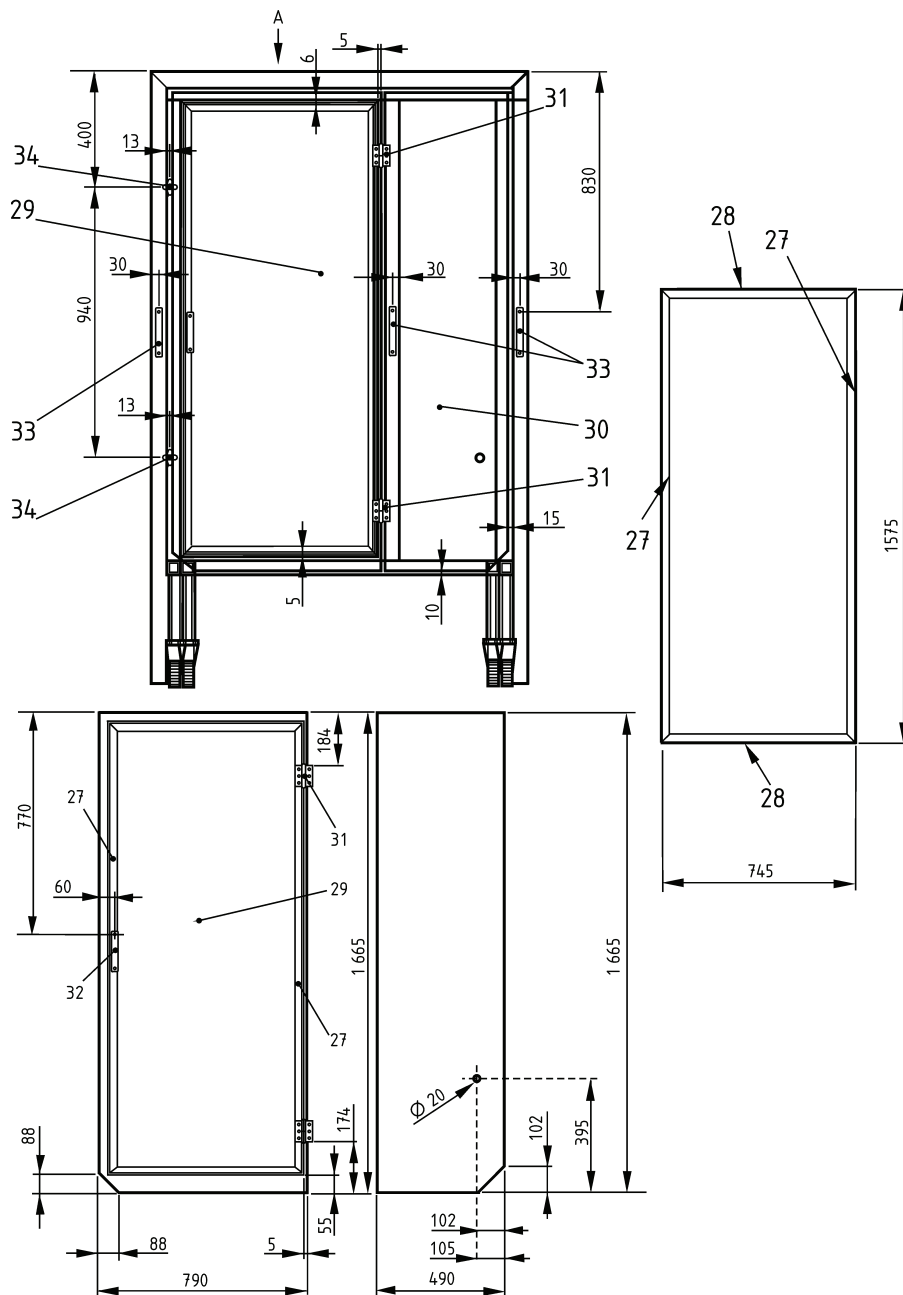
Ref.	Beschreibung	Nummer
19	L-Profil 60 x 40 x 5 / L = 2126	1
20	L-Profil 60 x 40 x 5 / L = 2126	1
21	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1586	2
22	Rohr 60 x 40 x 5 / L = 1586	3
23	Rohr 60 x 40 x 5 / L = 1586	1
24	L-Profil 30 x 30 x 5 / L = 1561	1

Bild E.15 – Probenträgerwagen, geschweißte Teile, Schnitt B und C



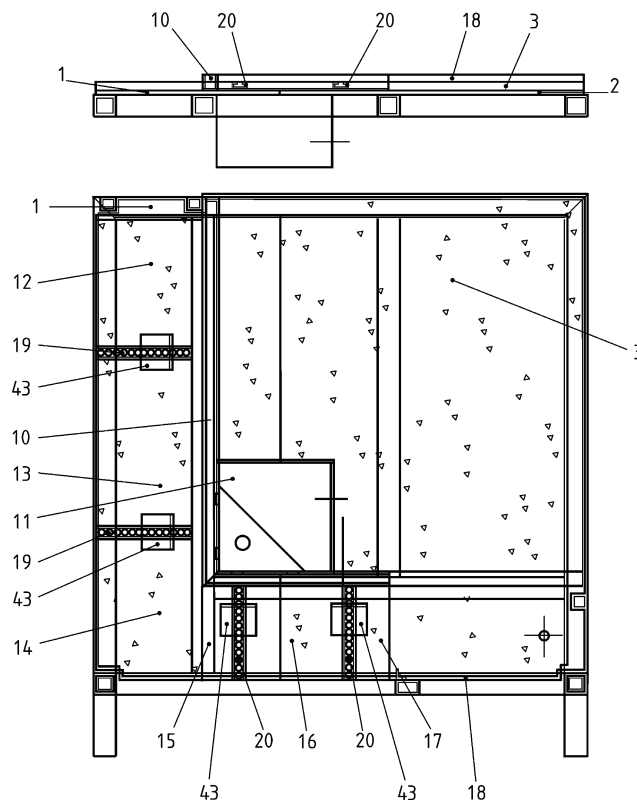
Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1545	2
2	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1330	1
3	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1255	1
4	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 990	1
5	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 945	1
6	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 1210	1
7	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 216	2
8	Rohr 60 x 60 x 5 / L = 276	2
16	Stahlplatte 1280 x 1270 x 2	1
17	Stahlplatte 310 x 200 x 2	4

Bild E.16 – Probenträgerwagen, geschweißte Teile, Verschiedenes a)



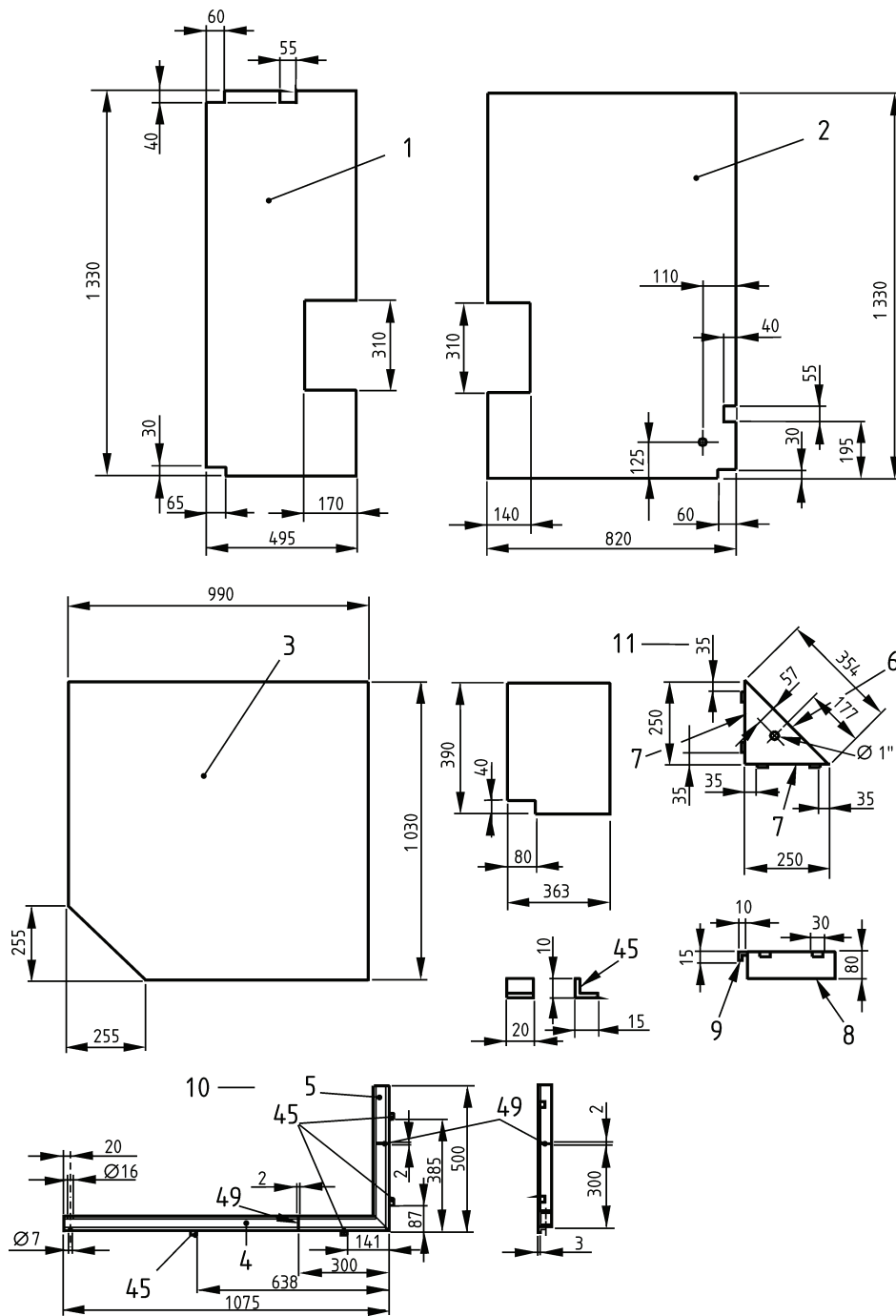
Ref.	Beschreibung	Nummer
A	Vorderansicht (eingebaute Tür und Vorderplatte)	
27	L-Profil 30 x 30 x 3 / L = 1575	2
28	L-Profil 30 x 30 x 3 / L = 745	2
29	Stahlplatte 1665 x 790 x 2	1
30	Stahlplatte 1665 x 490 x 2	1
31	Türband	2
32	Griff 140 x 25	1
33	Griff 170 x 25	3
34	Schloss	2

Bild E.17 – Probenträgerwagen, geschweißte Teile, Verschiedenes b)



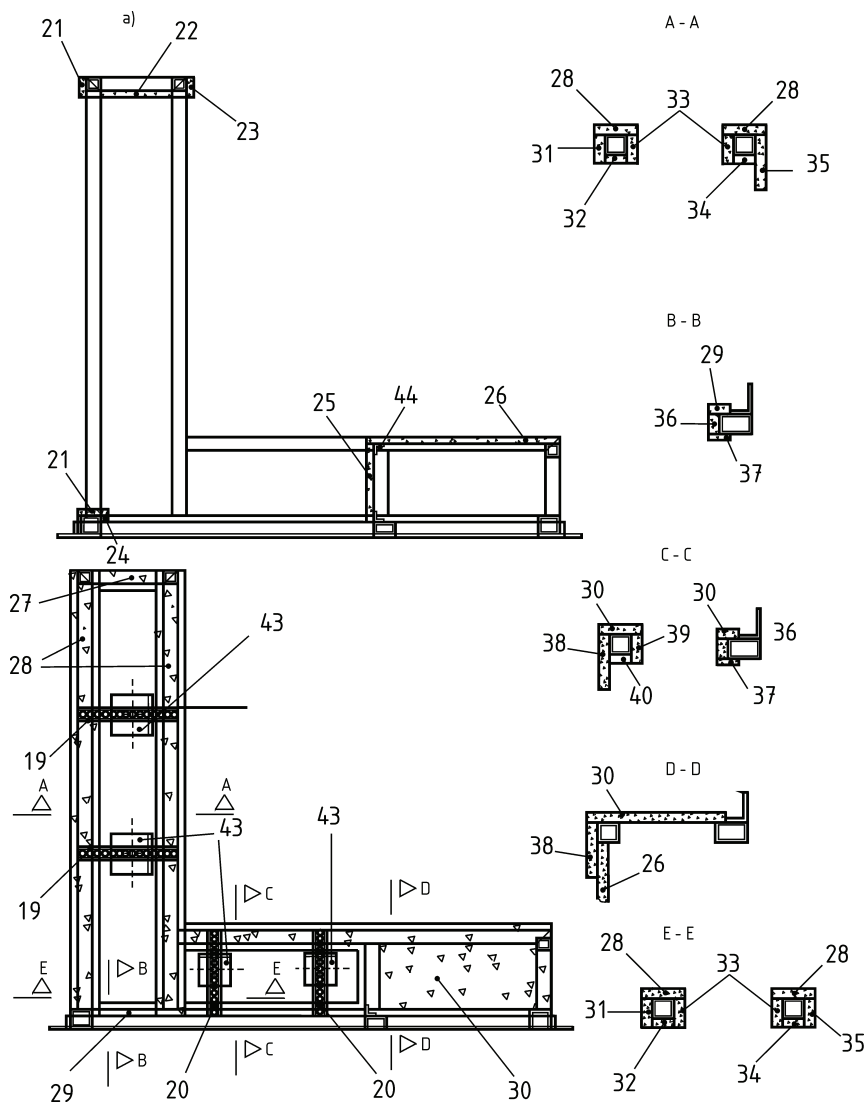
Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 1330 x 495 x 12	1
2	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 1330 x 820 x 12	1
3	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1033 x 990 x 20	1
10	geschweißte U-Profile	1
11	Brenner	1
12	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 350 x 293 x 20	1
13	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 460 x 293 x 20	1
14	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 390 x 293 x 20	1
15	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 80 x 257 x 20	1
16	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 262 x 257 x 20	1
17	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 86 x 257 x 20	1
18	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 527 x 40 x 20	1
19	C-förmiges Profil 35 x 20 / L =293	2
20	C-förmiges Profil 35 x 20 / L =257	2
43	L-Profil 55 x 55 x 4 / L = 60	8

Bild E.18 – Probenträgerwagen, Bekleidungen, Verschiedenes a)



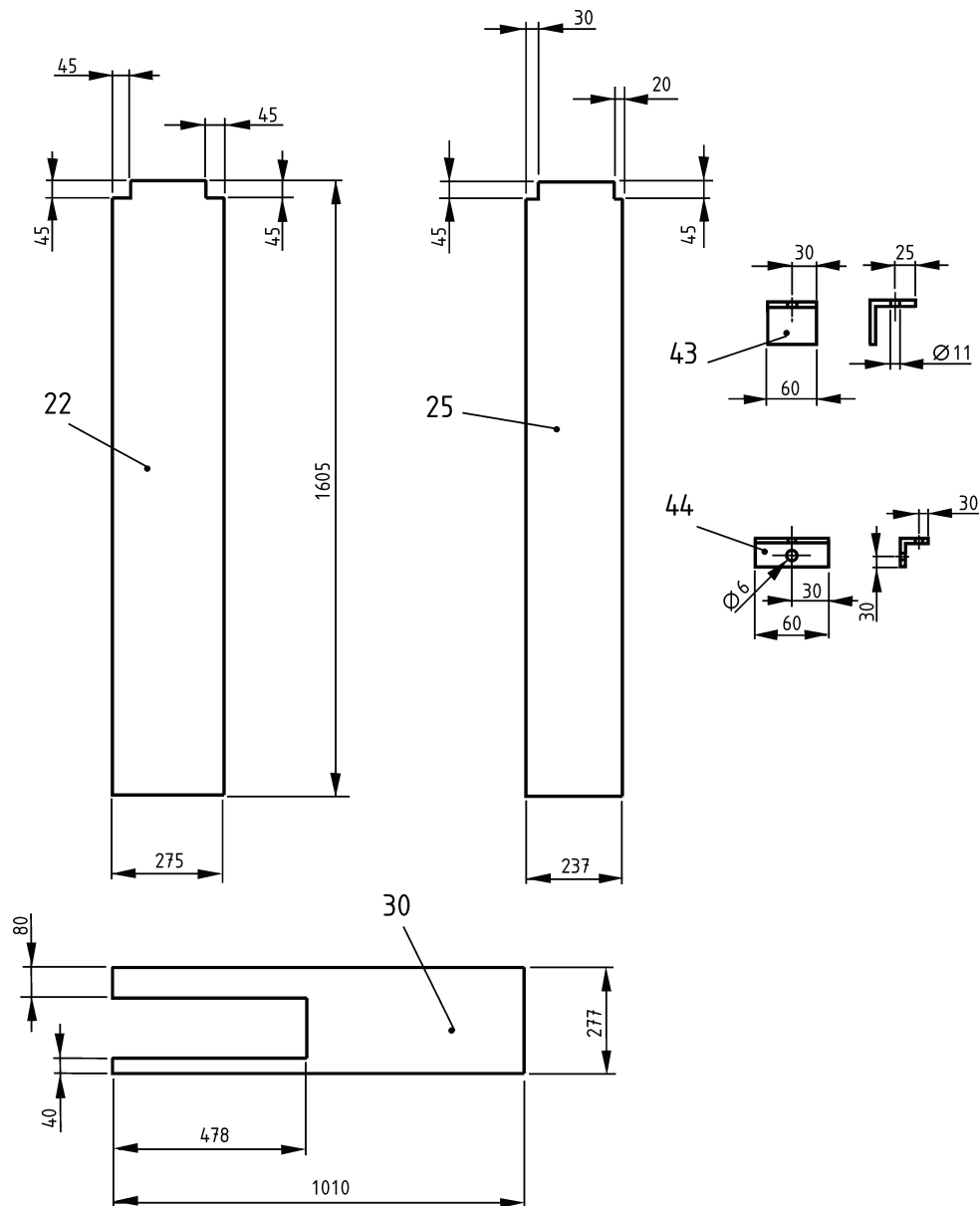
Ref.	Beschreibung	Nummer	Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 1330 x 495 x 12	1	8	Stahlplatte 250 x 250 x 2	1
2	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 1330 x 820 x 12	1	9	Stahlplatte 30 x 27 x 3	4
3	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1033 x 990 x 20	1	10	geschweißte U-Profile	1
4	U profile 40 x 40 x 3 / L = 1075	1	11	Brenner	1
5	U profile 40 x 40 x 3 / L = 500	1	14	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 390 x 293 x 20	1
6	Stahlplatte 354 x 80 x 2	1	45	Stahlplatte 27 x 20 x 2	4
7	Stahlplatte 250 x 80 x 2	2	49	Stahlplatte 37 x 34 x 2	2

Bild E.19 – Proben­träger­wagen, Bekleidungen, Abdeckungen a)



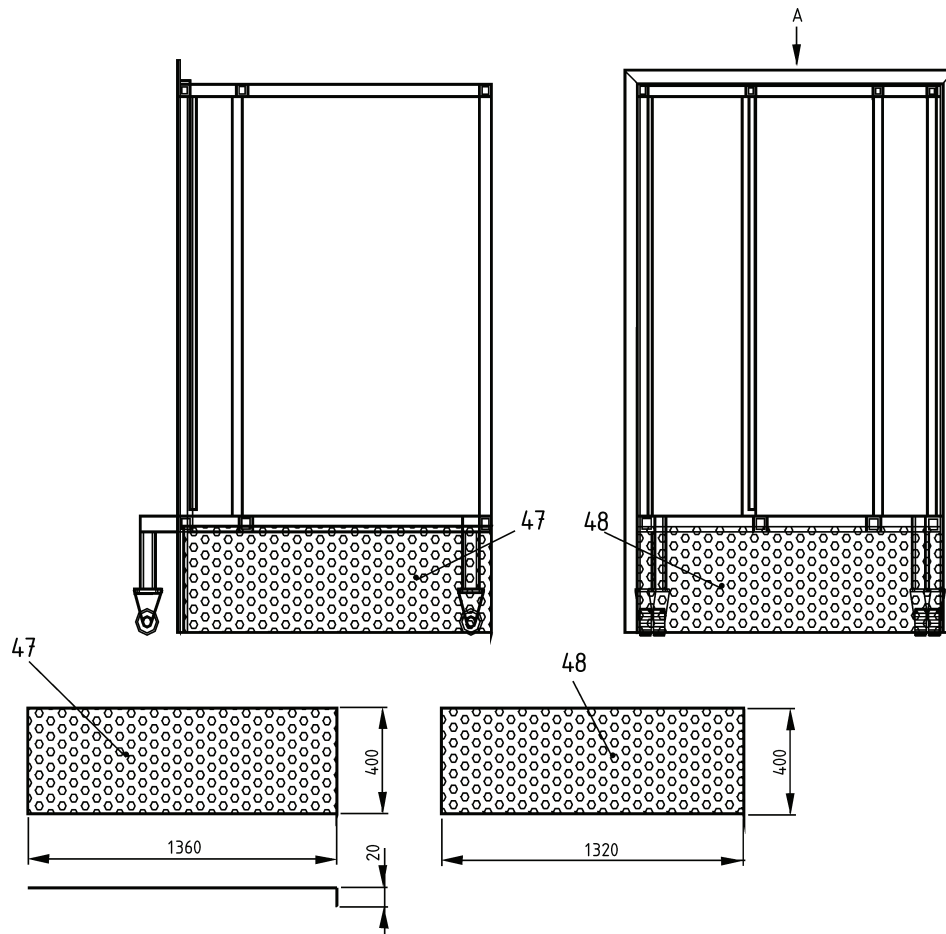
Ref.	Beschreibung	Nummer	Ref.	Beschreibung	Nummer
a)	Draufsicht		32	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 1255 x 40 x 12	1
19	Profile 35 x 20 / L = 293	2	33	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1235 x 52 x 20	2
20	Profile 35 x 20 / L = 257	2	34	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 1235 x 40 x 12	1
21	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1555 x 60 x 20	2	35	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 1080 x 110 x 20	1
22	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1605 x 275 x 20	1	36	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 198 x 40 x 20	1
23	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1450 x 60 x 20	1	37	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 738 x 40 x 12	1
24	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1555 x 40 x 20	1	38	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 1006 x 110 x 20	1
25	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1605 x 273 x 20	1	39	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 502 x 52 x 20	1
26	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1565 x 530 x 20	1	40	Calciumsilikat (870 kg/m ³) 502 x 40 x 12	1
27	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 157 x 60 x 20	1	41	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 502 x 40 x 20	1
28	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1335 x 80 x 20	2	42	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1570 x 6738 x 20	1
29	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 157 x 40 x 20	1	43	L-Profil 55 x 55 x 4 / L = 60	8
30	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1010 x 277 x 20	1	44	L-Profil 25 x 25 x 2	3
31	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1315 x 52 x 20	1	46	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 156 x 52 x 20	1

Bild E.20 – Probenträgerwagen, Bekleidungen, Verschiedenes b)



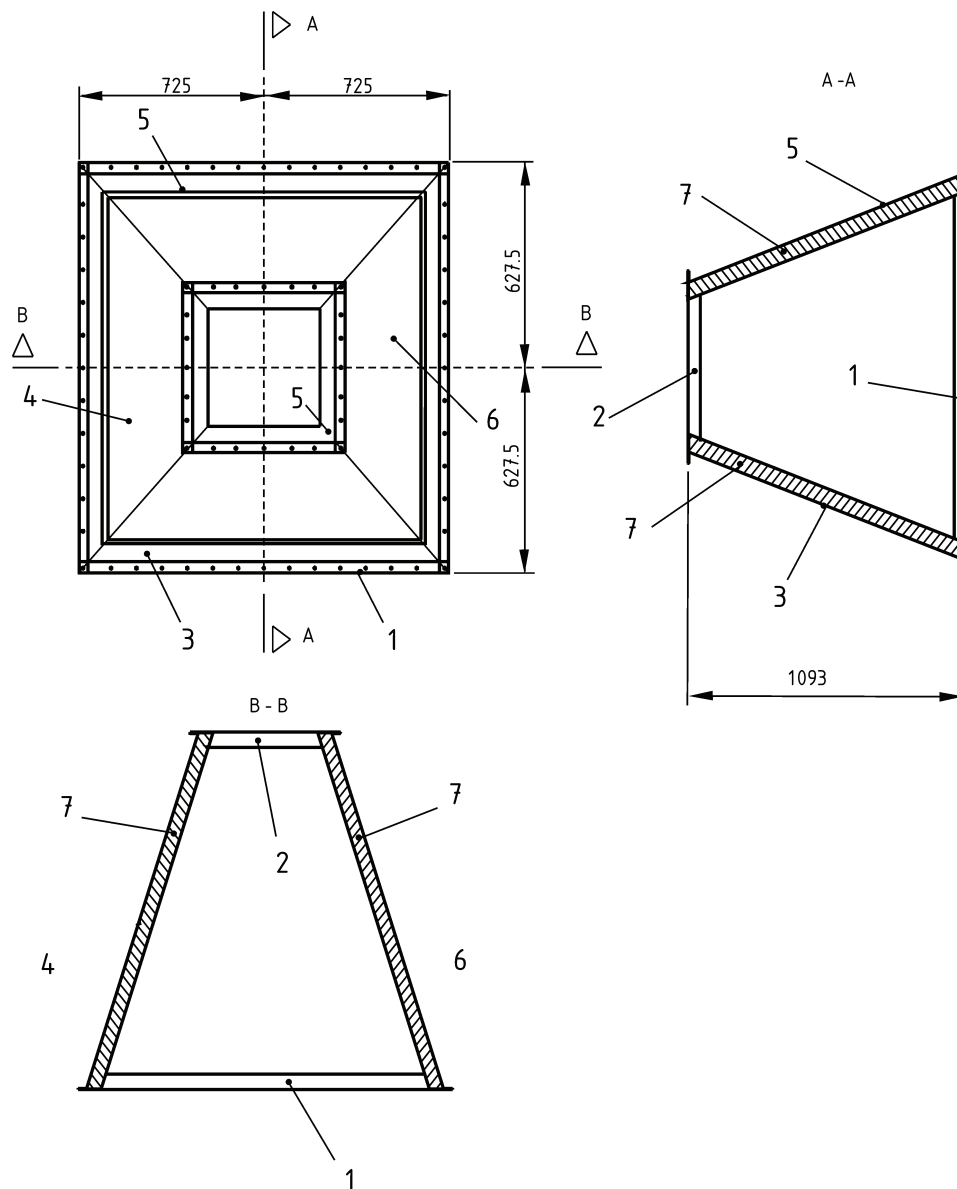
Ref.	Beschreibung	Nummer
22	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1605 x 275 x 20	1
25	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1605 x 273 x 20	1
30	Calciumsilikat (450 kg/m ³) 1010 x 277 x 20	1
43	L-Profil 55 x 55 x 4 / L = 60	8
44	L-Profil 25 x 25 x 2 / L = 60	3

Bild E.21 – Proben­trä­ger­wa­gen, Beklei­dun­gen, Abde­ckun­gen b)



Ref.	Beschreibung	Nummer
A	rückseitige Ansicht	
47	perforierte Stahlplatte 1380 x 400 x 2 (siehe 4.4.1)	2
48	perforierte Stahlplatte (siehe 4.4.1)	1

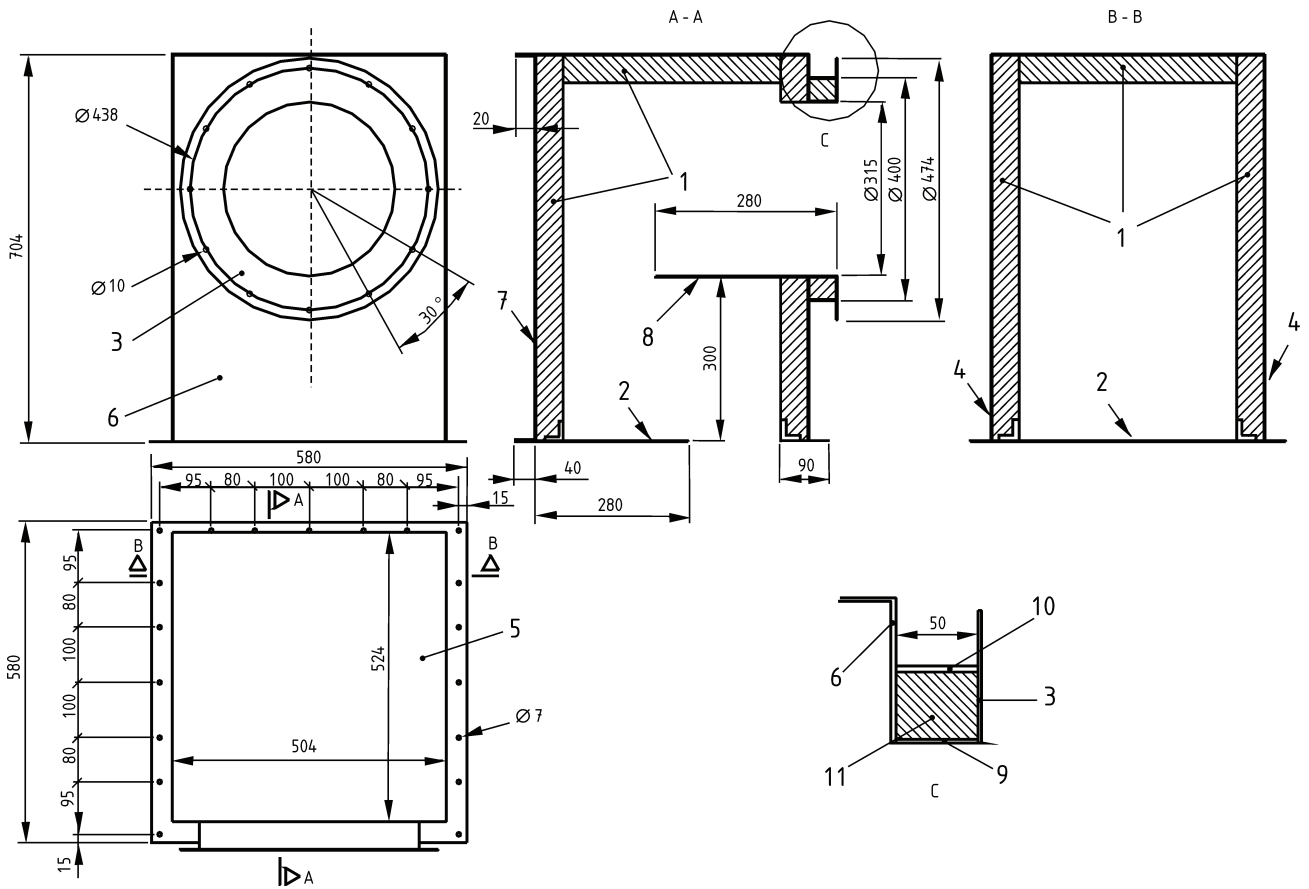
Bild E.22 – Probenträgerwagen, Bekleidungen, Verschiedenes c)



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Unterer Rahmen / gefaltete Inox-Platte / $t = 2$	1
2	Oberer Rahmen / gefaltete Inox-Platte / $t = 2$	1
3	Seitenplatte 1 / gefaltete Inox-Platte / $t = 2$	1
4	Seitenplatte 2 / gefaltete Inox-Platte / $t = 2$	1
5	Seitenplatte 3 / gefaltete Inox-Platte / $t = 2$	1
6	Seitenplatte 4 / gefaltete Inox-Platte / $t = 2$	1
7	Wärmedämmung / Vermiculite, Rohdichte = 475 kg/m^3 / $t = 50$	4

Bild E.23 – Abzugshaube

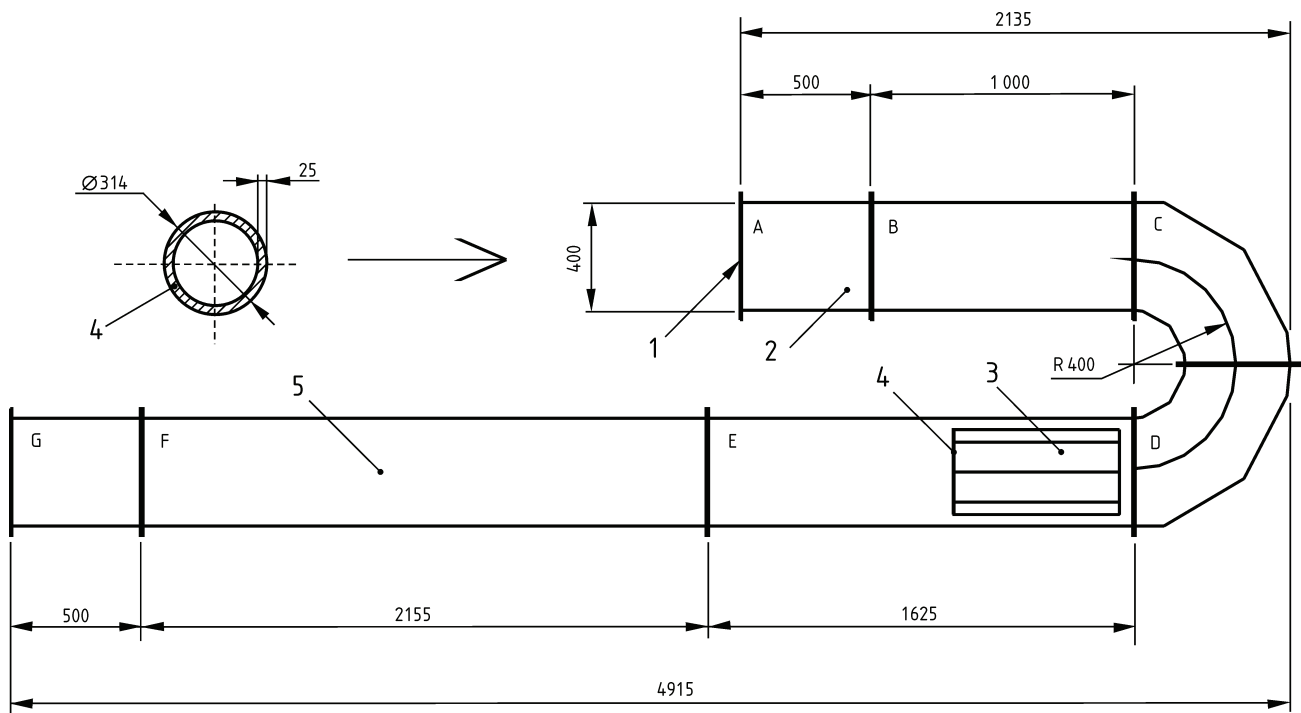
Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Nummer
C	Detail 1	
1	Vermiculite / Dichte 475 kg/m^3	
2	Bodenplatte / Inox / $t = 2 \text{ mm}$	1
3	Flansch / Inoxplatte/ $\varnothing 315 - 474 / t = 3 \text{ mm}$	3
4	Seitenplatte / Inox / $t = 2 \text{ mm}$	2
5	Obere Platte / Inox / $t = 2 \text{ mm}$	1
6	Vorderplatte / Inox / $t = 2 \text{ mm}$	1
7	Hintere Platte / Inox / $t = 2 \text{ mm}$	1
8	Inoxplatte/ $500 \times 500 / t = 2 \text{ mm}$	1
9	Inoxrohr/ $\varnothing 315 / L = 50 \text{ mm}$	1
10	Inoxrohr/ $\varnothing 400 / t = 2 \text{ mm} / L = 50 \text{ mm}$	1
11	Mineralwolle	

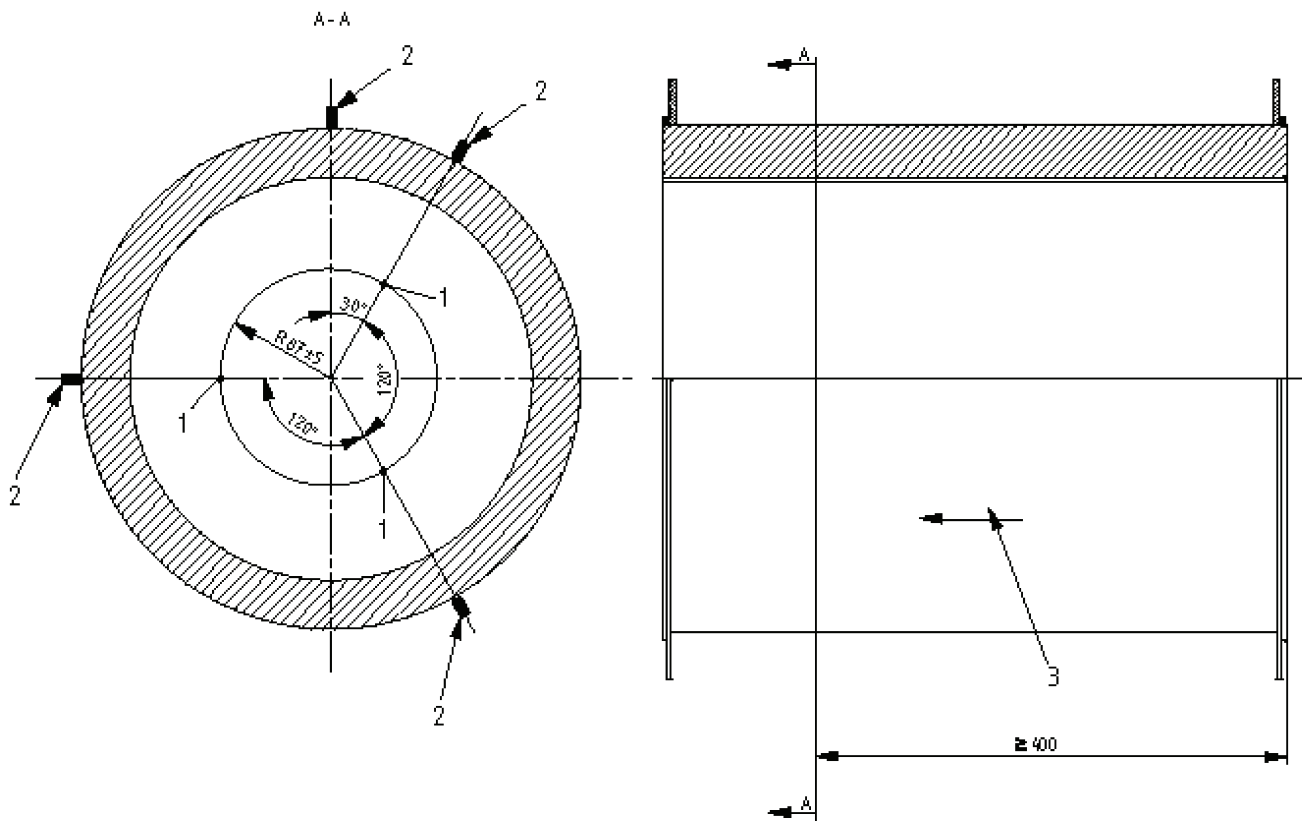
Bild E.24 – Kollektor, Ansichten und Schnitte

Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Verbindung zwischen Auffang und Abzughaube	
2	Temperaturmessung	
3	Leitflügel	
4	Reduktionsring (nichtrostender Stahl, \varnothing 314 / Dicke 2 mm)	
5	Meßbereich (Δp , T , Rauch, Probe)	

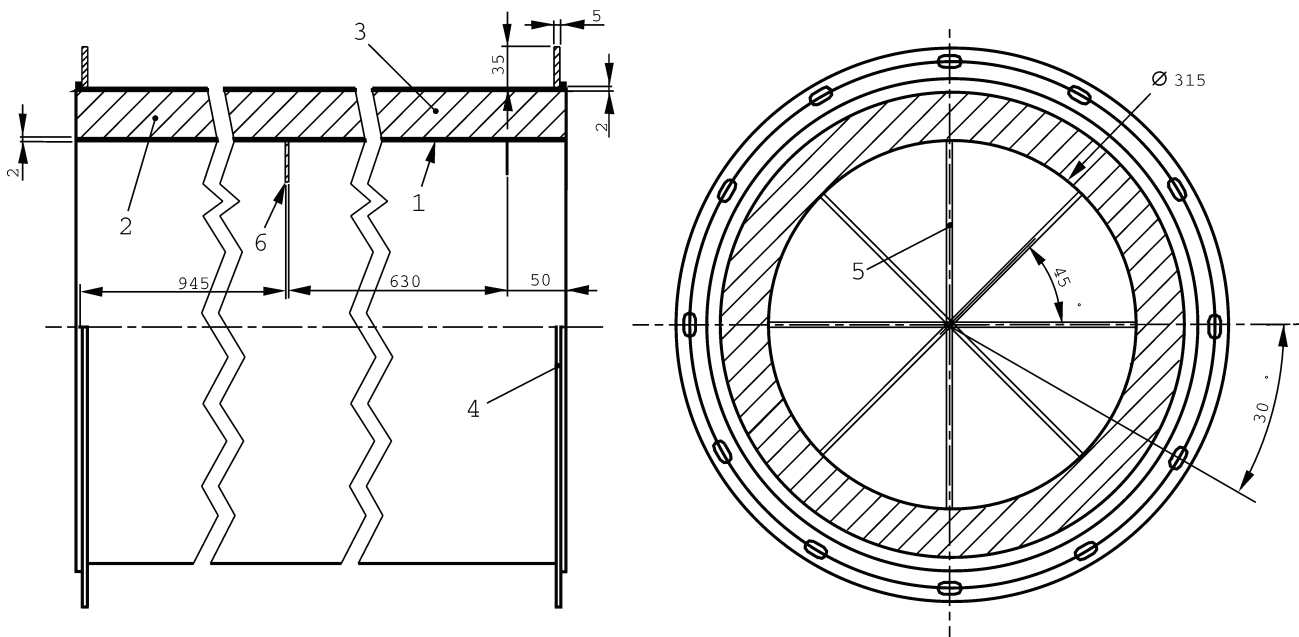
Bild E.25 – Abzugskanal, Ansicht



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Mantel-Thermoelemente / TKI	4
2	Thermoverschluss / MG 10	4
3	Strömungsrichtung	

Bild E.26 – Messröhre zur Temperaturmessung

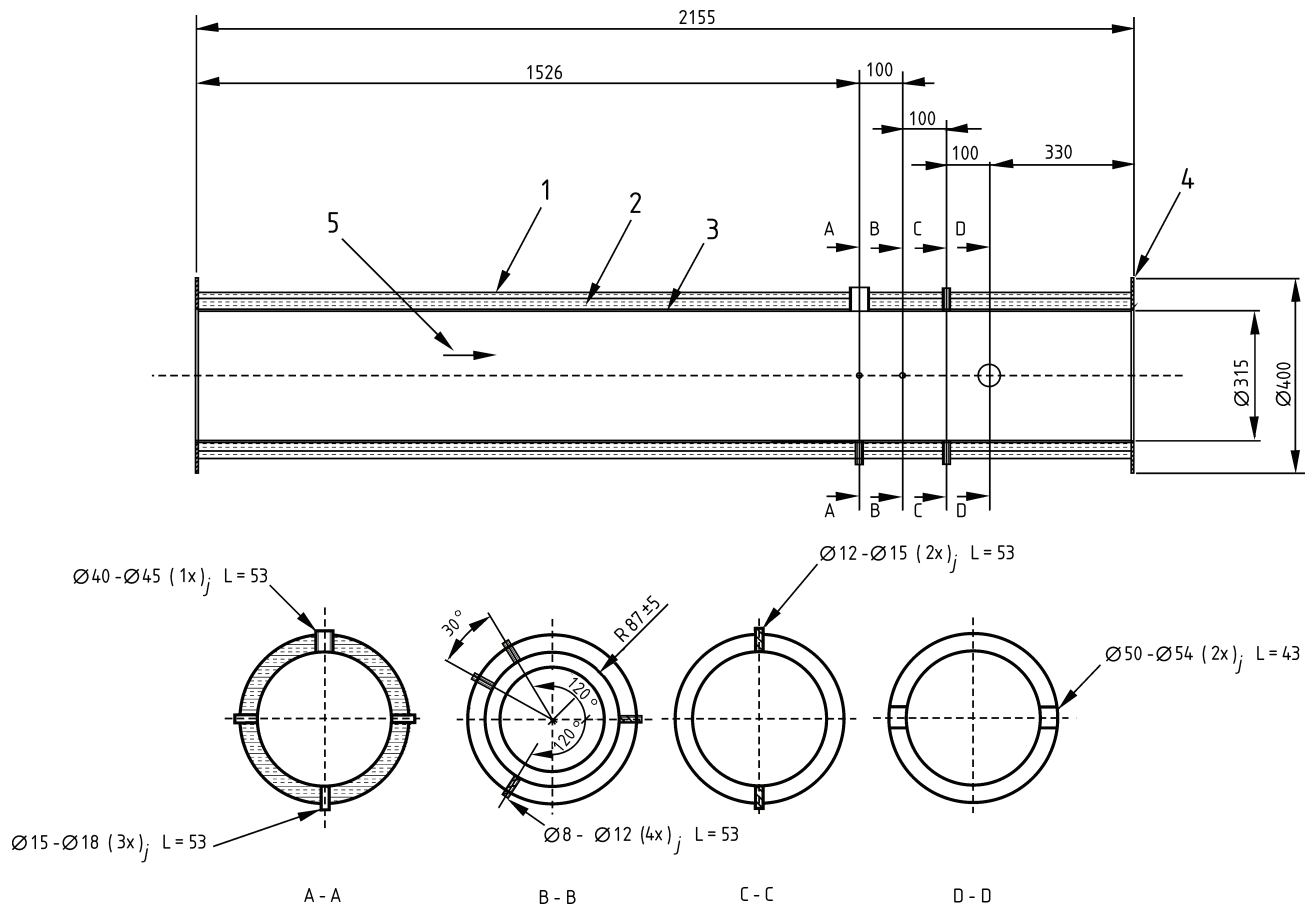
Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Rohr / Inox 304 / \varnothing 315 mm / t = 2 mm / L = 1625 mm	1
2	Wärmedämmung / Mineralwolle/ t = 50 mm	1
3	Rohr/verzinkter Stahl/ \varnothing 400 mm t = 2 mm/ L 1625 mm	1
4	Flansch/ innen \varnothing 404/ außen \varnothing 474 mm/ t = 5 mm	2
5	Leitflügel/Inox 304/ t = 3 mm / L = 630 mm / h = 1575 mm	8
6	Reduktionsring (nichtrostender Stahl, \varnothing 264, \varnothing 314 / Dicke 2 mm	1

Bild E.27 – Messröhre, Leitflügel

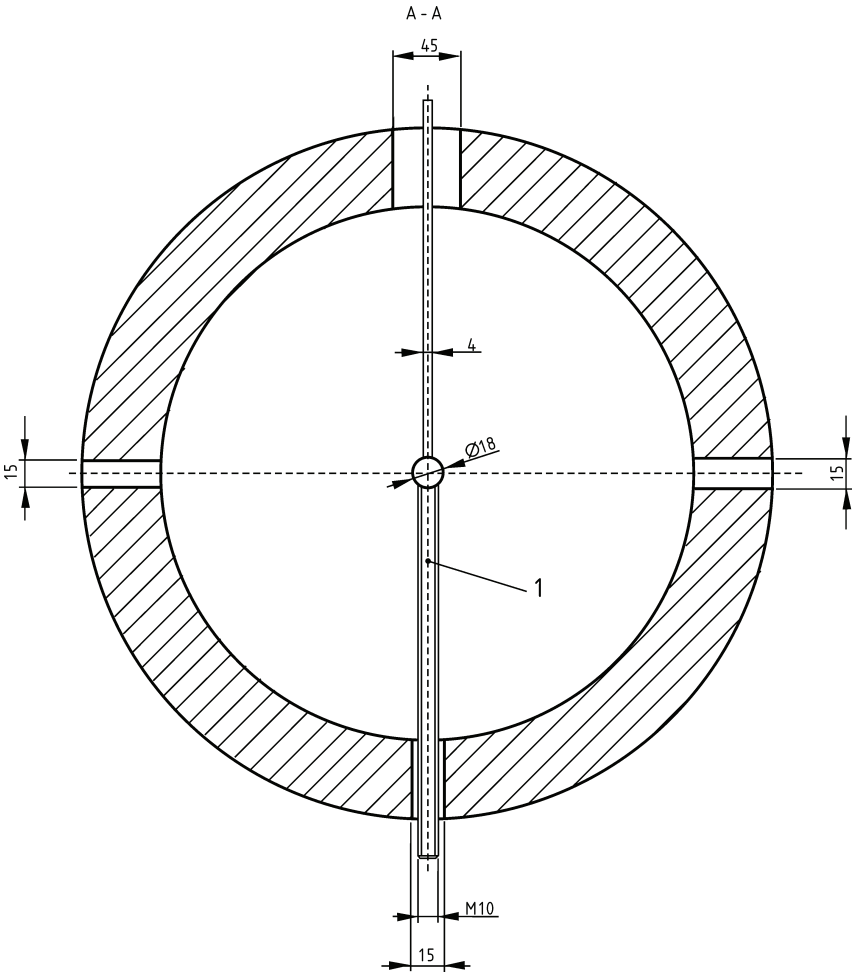
Maße in mm



Ref.	Beschreibung
1	Blech, verzinkt 1 mm
2	Mineralwolle 159
3	Inox 304-2 mm
4	Flansch Inox 4 m 12 Löcher $\text{Ø} 10$ bei $\text{Ø} 438$
5	Strömungsrichtung

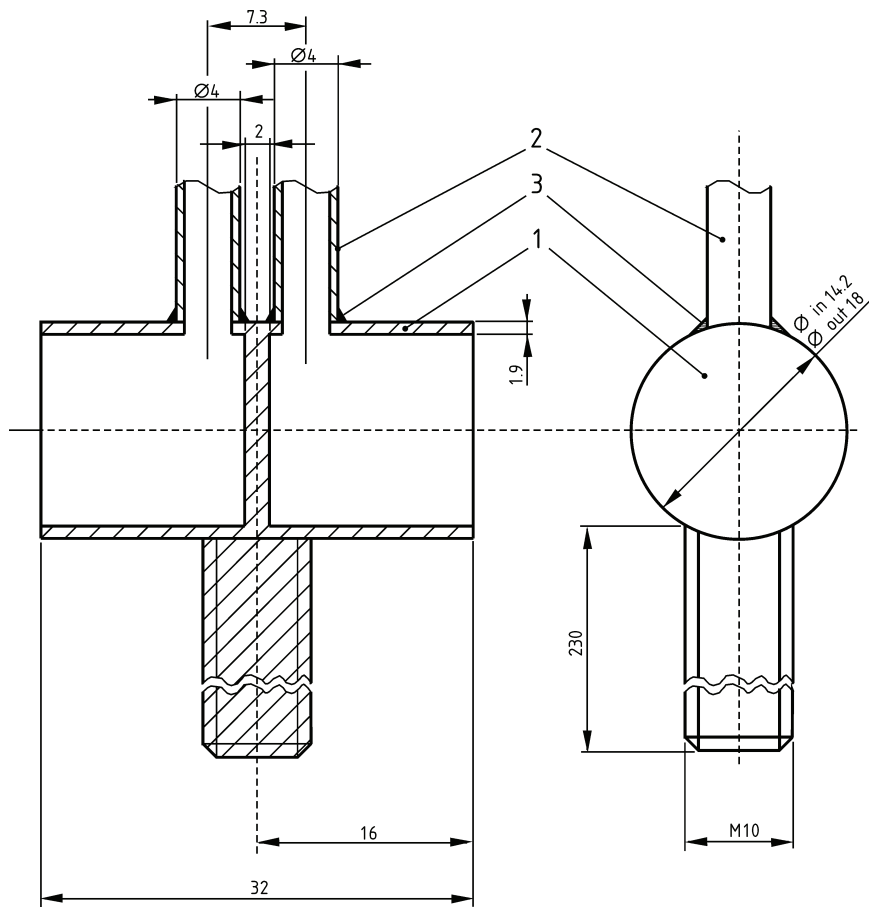
Bild E.28 – Abzugskanal, Messbereich

Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Bidirectionale Sonde	1

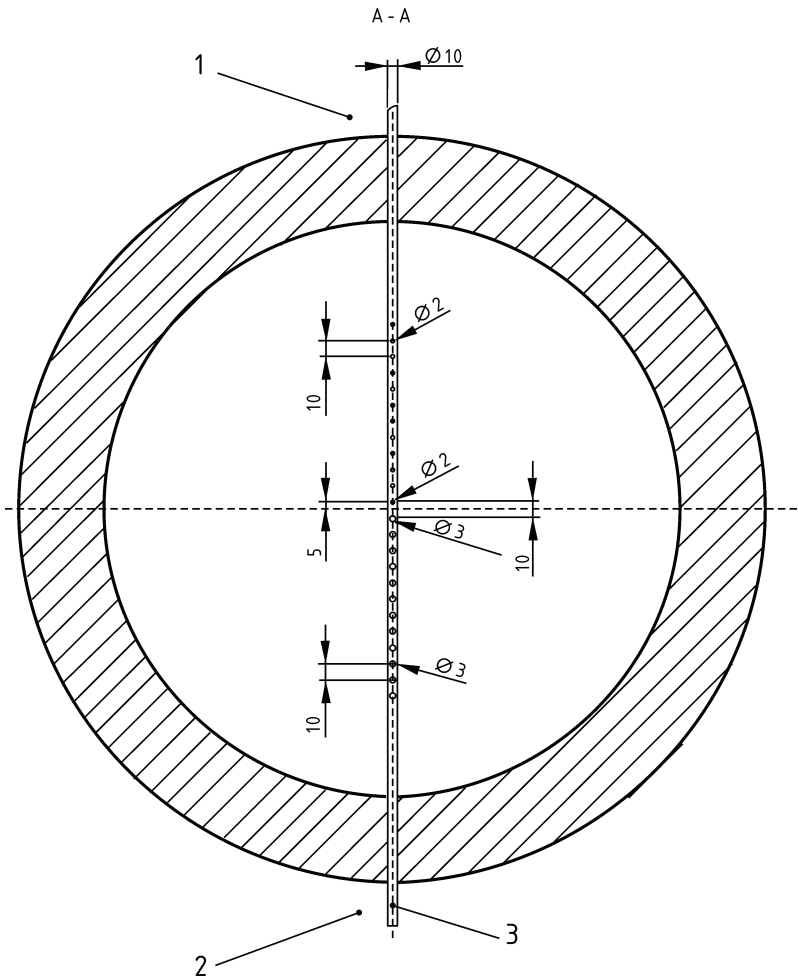
Bild E.29 – Messröhre, Bidirectionale Sonde (a)



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Nichtrostendes Stahlrohr/ \varnothing 16 mm / $L = 32$ mm / $t = 0,91$ mm	1
2	Nichtrostendes Stahlrohr/ \varnothing 4,70 mm	2
3	Schweißung	

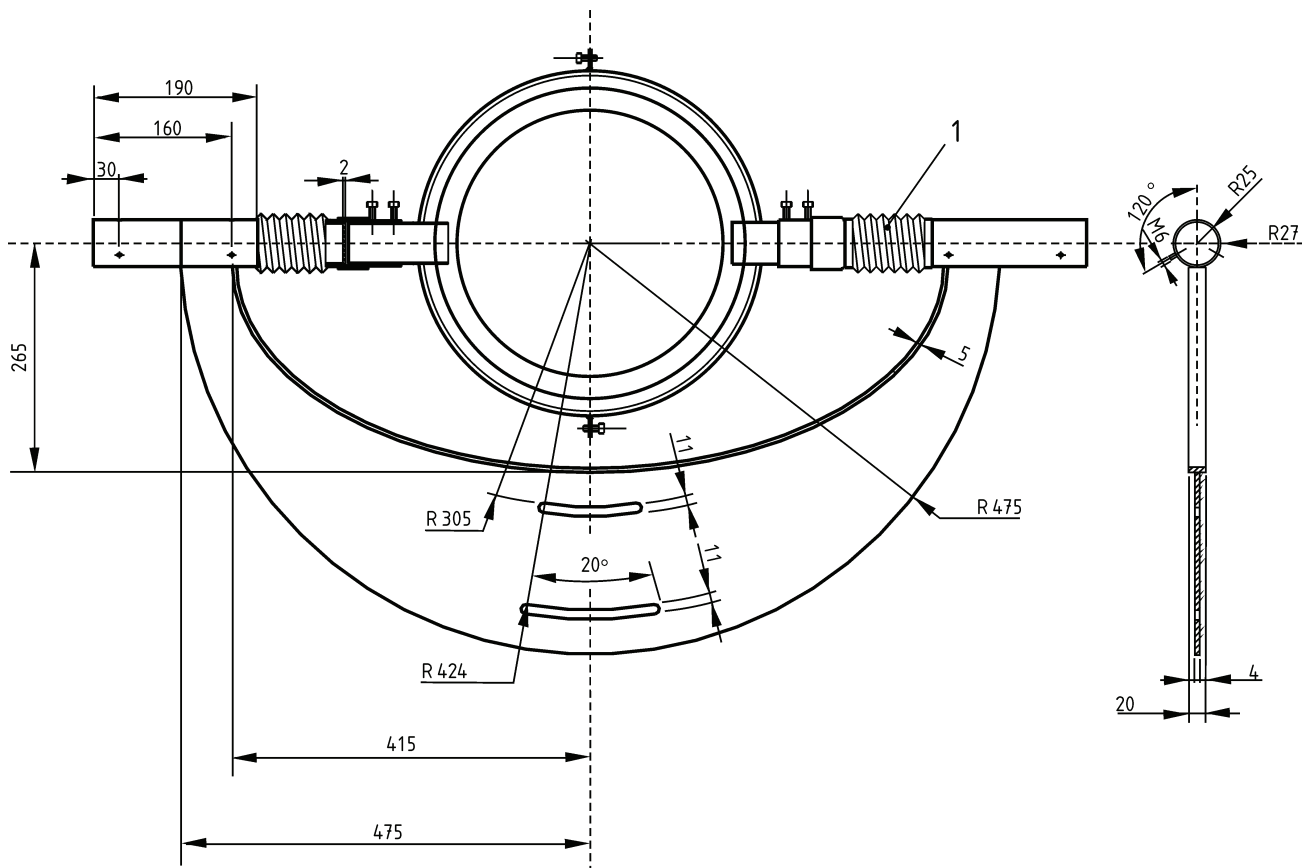
Bild E.30 – Messröhre, Bidirectionale Sonde (b)

Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Offenes Ende	
2	Geschlossenes Ende	
3	Gasafnehmer / $\varnothing 10/8$ mm / $L = 500$ mm	1

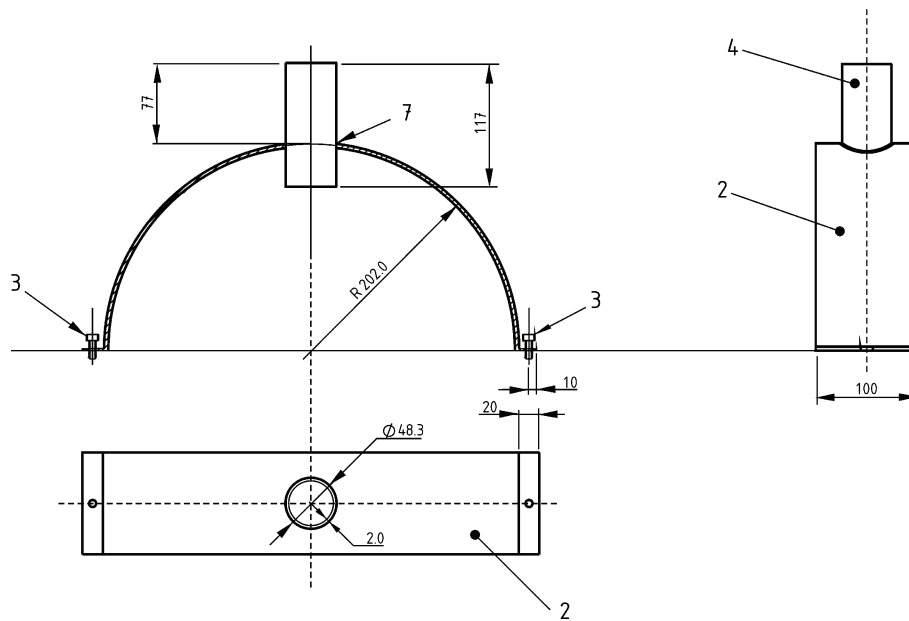
Bild E.31 – Messröhre, Gasafnehmer und Thermoelemente



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Faltenbalk (undurchsichtig)	

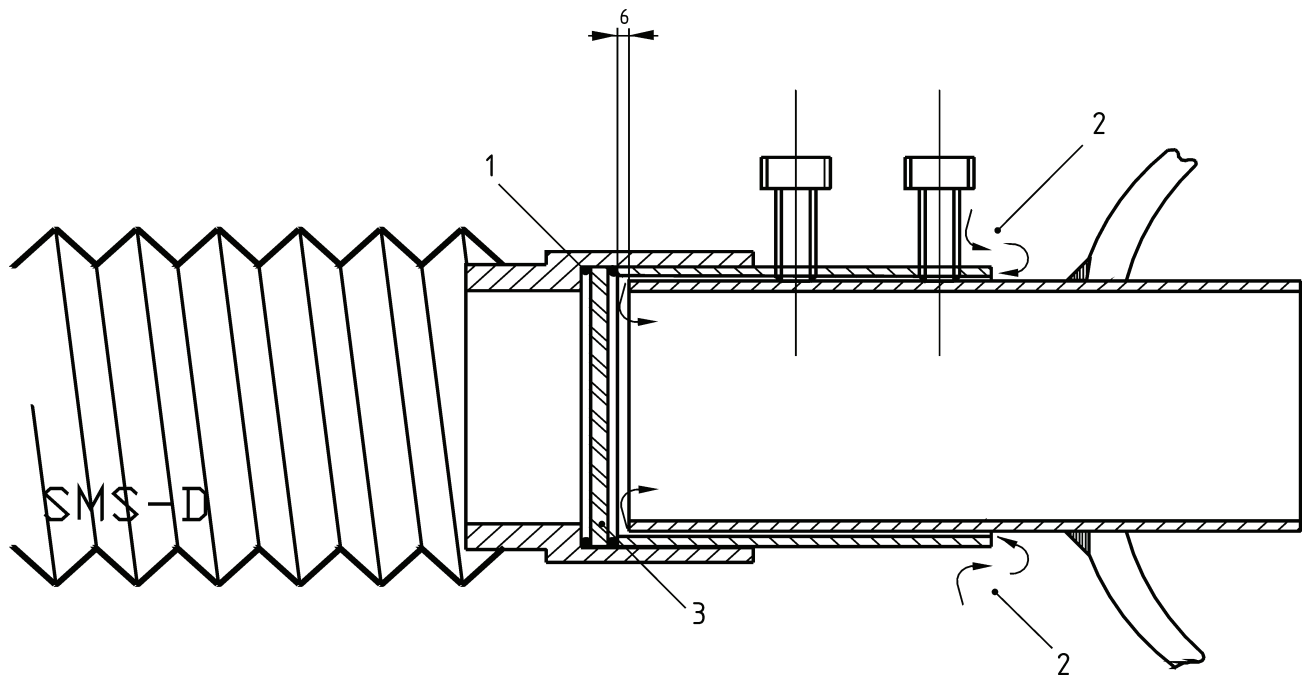
Bild E.32 – Messröhre, Halterung für die Anlage zur Rauchdichtemessung

Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Nummer
2	Stahlband / $\varnothing 404$ / $t = 1,5$ mm / $b = 100$ mm	2
3	Nichtrostender Stahl, Schraube und Mutter / M10 / $L = 40$ mm	2
4	Nichtrostendes Stahlrohr / $\varnothing 48,3/46,3$ / $L = 117$	1
7	Schweißung	

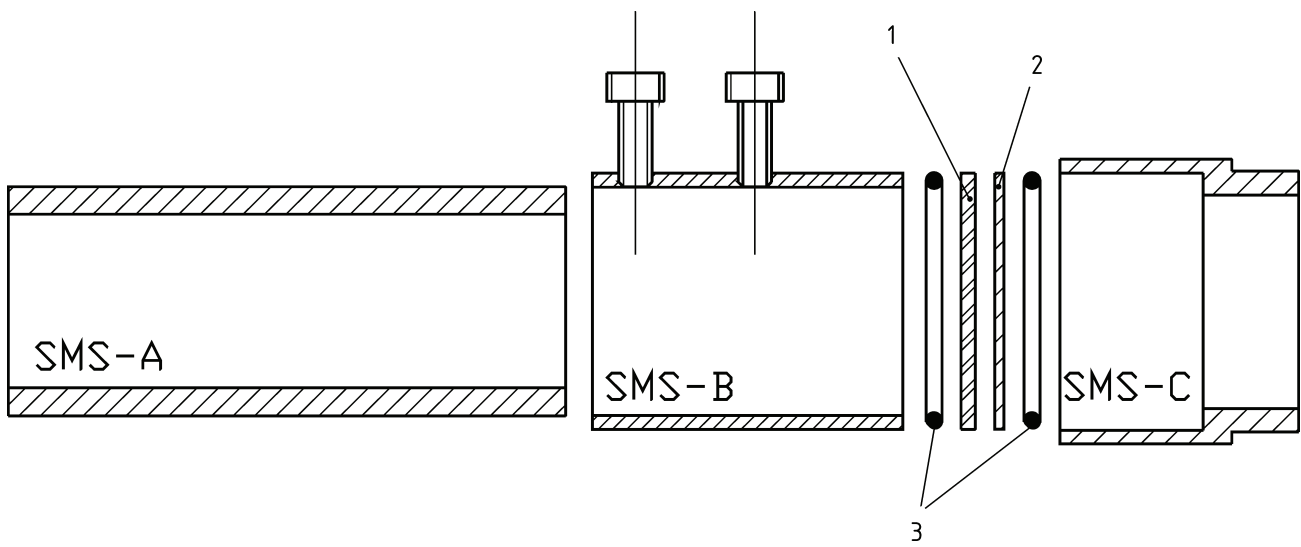
Bild E.33 – Messröhre, Teile der Anlage zur Rauchdichtemessung



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	O-Ring an beiden Seiten des Glases	
2	Luft	
3	Beschichtetes Glas + (optionaler) Filter *	
* Falls ein Filter zur Anwendung kommt, ist er immer von möglichen Brandgasen vom beschichteten Glas zu schützen (weg vom Abzugskanal)		

Bild E.34 – Messröhre, Halterung für die Anlage zur Rauchdichtemessung

Maße in mm



Ref.	Beschreibung	Nummer
1	Beschichtetes Glas	
2	(Optionaler) Filter	
3	Gummi O-Ring	

Bild E.35 – Messröhre, Halterung für die Anlage zur Rauchdichtemessung

Anhang F (informativ)

Format der Messdaten-Datei

Für einen einfachen Austausch von Prüfergebnissen, sollten die Versuchsdaten in einem einheitlichen Format gespeichert werden. Das Hauptziel hierbei ist, dass die Datei alle geforderten Informationen inklusive sowohl der visuell beobachteten/aufgezeichneten und automatisch aufgezeichneten Daten enthält. Es sollte möglich sein, alle verlangten Berechnungen und (in Kombination mit den übrigen Versuchsergebnissen) die Feststellung der Klassifizierung durchzuführen.

Die Daten eines Versuchs sollten in einer ASCII-Datei in durch 12 durch Tabstops getrennte Spalten abgespeichert werden. Mehr Spalten (mit nicht zwingend vorgeschriebenen Daten) sind möglich, wenn sie nach und nicht zwischen den zwingend vorgeschriebenen Spalten angeordnet werden.

Die Datei sollte einen zweizeiligen Kopf und zusätzliche Zeilen mit allgemeinen Informationen und automatisch aufgezeichneten (Roh-) Daten pro Zeitschritt enthalten.

Die erste Zeile des Kopfs enthält den Text der ersten Spalte:

- a) allgemeine Informationen;
- b) [leer];
- c) Zeit (s);
- d) m_{gas} (mg/s);
- e) Δp (Pa);
- f) Lichtsignal (%);
- g) x_{O_2} (%);
- h) x_{CO_2} (%);
- i) T_0 (K);
- j) T_1 (K);
- k) T_2 (K);
- l) T_3 (K).

Die zweite Zeile ist nicht spezifiziert (leere Zeile als Voreinstellung).

Nachfolgende Zeilen enthalten allgemeine Informationen in den zwei ersten Spalten und automatisch aufgezeichnete (Roh-) Daten in den nächsten 10 Spalten. Nur die ersten 62 Zeilen in den Spalten eins und zwei werden verwendet. In den Spalten 3 bis 12 werden mindestens 520 Zeilen verwendet (Zeitintervall von 1 560 s mit 3-Sekunden-Schritten).

Die allgemeinen Informationen (bezüglich Versuch, Bauprodukt, Labor, Versuchsgerät, Anfangs- und Endbedingungen und visuellen Beobachtungen) sind in Spalte zwei anzugeben, in Spalte eins steht hierbei, was in Spalte zwei anzugeben ist. Die Reihenfolge der verschiedenen Punkte ist in dem unten stehenden Beispiel angegeben.

Die 10 Spalten mit den automatisch aufgezeichneten Daten stimmen überein und sind in der gleichen Reihenfolge aufgeführt wie in 8.4 angegeben.

Das hier dargestellte Format der Datendatei betrifft die Rohdaten (bevor die Berechnungen durchgeführt werden). Für die bearbeiteten Datendateien wird kein Format vorgegeben. Es wird jedoch empfohlen, die Datei mit den bearbeiteten Daten aus der Datei mit den Rohdaten durch Hinzufügen von Spalten und Zeilen (und nicht dazwischen) aufzubauen. Auf diese Weise kann eine Datei mit den bearbeiteten Daten leicht als Eingabedatei mit Rohdaten verwendet werden.

	Spalte 1	2
Reihe 1	Allgemeine Informationen	
2		
3	Versuch	
4	Verwendete Norm	EN 13823:2001
5	Versuchsdatum	09 Juni 2001
6	Volle Versuchsdauer/erfüllt {J/N}	Ja
7		
8	Bauprodukt	
9	Produktbezeichnung	Polypanel U40
10	Probennummer	1
11	Trägerplatte	Nein
12	Befestigung	Option 3 in EN qqqq
13	Fugen	Normmäßig vertikal
14		
15	Konditionierung	
16	{Konstante Masse / feste Dauer}	Konstante Masse
17	Zeitintervall	42 Stunden
18	Masse 1 (g)	5 264
19	Masse 2 (g)	5 261
20		
21	Labor	
22	Laborbezeichnung	NMP
23	Prüfer	BS
24	Dateiname	PU40Ar.csv
25	Berichts-Nummer	NMP-99-01234
26		
27	Angaben zum Versuchsgerät	
28	Strömungsprofil-Faktor k_t (-)	0,86
29	Messsonden-Konstante k_p (-)	1,08
30	Rohrdurchmesser (m)	0,315
31	O ₂ Verzugszeit gemäß Kalibrierung (s)	18
32	CO ₂ Verzugszeit gemäß Kalibrierung (s)	15
33		
34	Umgebungsbedingungen vor dem Versuch	
35	Luftdruck (Pa)	101 300
36	relative Luftfeuchte (%)	50
37		
38	visuelle Beobachtungen	
39	LFS bis Rand {J/N}	Nein
40	brennende Tropfen/Teile ≤ 10s {J/N}	Nein
41	brennende Tropfen/Teile >10s {J/N}	Nein
42		
43	Bedingungen am Ende des Versuchs	
44	Lichttransmission (%)	99,8
45	xO ₂ (%)	20,95
46	xCO ₂ (%)	0,039
47		
48	Aufgezeichnete Ereignisse	
49	Oberflächen-Flash {J/N}	Nein
50	Abfallen von Teilen der Probe {J/N}	Nein
51	Rauch strömt nicht in die Abzugshaube {J/N}	Nein
52	Gegenseitige Fixierung der Abschlussplatten versagt {J/N}	Nein
53	Bedingungen rechtfertigen einen vorzeitigen Stop des Versuchs {J/N}	Nein
54	Verformung / Zusammenbruch {J/N}	Nein
55	Andere zusätzliche Ereignisse	Keine
56		
57	Vorzeitige Beendigung des Versuchs	
58	Zeitpunkt des Abschaltens der Gaszufuhr (s)	1 563
59	Übermäßige HRR {J/N}	Nein
60	Übermäßige Temperatur {J/N}	Nein
61	Brenner stark beeinträchtigt/verstopft {J/N}	Nein
62	Versagen des Versuchsgeräts {J/N}	Nein

Anhang G (informativ)

Versuchsprotokoll

Tabelle G.1 — SBI Versuchsprotokoll

Allgemeine Angaben	
Prüfer:	Versuchsdatum:
Bauprodukt:	Dateiname:

Bedingungen vor dem Versuch			
Konditionierung der Probe	Datum zu Beginn:	Datum zum Ende:	
	Masse 1 (g):	Masse 2 (g):	
Umgebungsbedingungen:	Druck (Pa):	Luftfeuchte (%H ₂ O):	Temperatur (°C):

Visuelle Beobachtungen			
Allgemeine Beobachtungen und Überprüfungen:		Seitliche Flammenausbreitung	
<i>Beobachtung</i> <i>g</i>	<i>Zeit (s)</i>	<i>Beobachtung</i> <i>g</i>	<i>J/N</i>
Startzeit der Datenaufzeichnung	= 0	Bis zum Rand der Probe	
Hauptbrenner zündet		Brennendes Abtropfen oder Abfallen	
		<i>Beobachtung</i> <i>g</i>	<i>J/N</i>
		Brennende Tropfen/Teile	
		Brennende Tropfen/Teile >10 s	

Bedingungen am Versuchsende		
Lichttransmission (-):	O ₂ -Konz. (%):	CO ₂ -Konz. (%):

Bemerkungen: