

**DIN EN 3475-601****DIN**

ICS 49.060

**Luft- und Raumfahrt –  
Elektrische Leitungen für Luftfahrzeuge - Prüfverfahren –  
Teil 601: Rauchdichte;  
Deutsche und Englische Fassung EN 3475-601:2007**

Aerospace series –  
Cables, electrical, aircraft use - Test methods –  
Part 601: Smoke density;  
German and English version EN 3475-601:2007

Série aérospatiale –  
Câbles électriques à usage aéronautique - Méthodes d'essais –  
Partie 601: Densité de fumée;  
Version allemande et anglaise EN 3475-601:2007

Gesamtumfang 52 Seiten

Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN

## **Nationales Vorwort**

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Die vorliegende Norm EN 3475-601:2007 wurde von ASD-STAN, Fachbereich Elektrotechnik, unter Mitwirkung deutscher Experten des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitssausschuss NA 131-04-02 „Elektrische Leitungen“ im DIN Normenausschuss Luft- und Raumfahrt.

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieser EN-Norm die Englische Fassung hinzugefügt.

ICS 49.060

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt —  
Elektrische Leitungen für Luftfahrzeuge —  
Prüfverfahren —  
Teil 601: Rauchdichte

Aerospace series —  
Cables, electrical, aircraft use —  
Test methods —  
Part 601: Smoke density

Série aérospatiale —  
Câbles électriques à usage aéronautique —  
Méthodes d'essais —  
Partie 601: Densité de fumée

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 21. Juni 2007 angenommen.

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

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

## Inhalt

	Seite
<b>Vorwort .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Anwendungsbereich .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Begriffe .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Kurzbeschreibung des Verfahrens .....</b>	<b>5</b>
<b>4 Prüfgeräte .....</b>	<b>5</b>
<b>5 Prüflinge .....</b>	<b>10</b>
<b>6 Konditionierung .....</b>	<b>11</b>
<b>7 Überprüfung und Wartung der Prüfgeräte .....</b>	<b>11</b>
<b>8 Durchführung der Prüfung .....</b>	<b>14</b>
<b>9 Berechnung .....</b>	<b>16</b>
<b>10 Anforderungen .....</b>	<b>17</b>
<b>11 Prüfbericht .....</b>	<b>17</b>

## Vorwort

Dieses Dokument (EN 3475-601:2007) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2008, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2008 zurückgezogen werden.

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

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

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Prüfverfahren soll bei der Bestimmung der spezifischen optischen Dichte von Rauch angewendet werden, der bei thermischer Zersetzung von Isolierwerkstoffen von Drähten/elektrischen Leitungen entweder nur unter Einwirkung von Strahlungswärme oder in Kombination mit Beflammung entsteht.

Das Prüfverfahren wird für die Bewertung von Isolierwerkstoffen von Drähten/elektrischen Leitungen angewendet, die im Inneren von Luftfahrzeugen verwendet werden, es kann aber auch bei anderen Anwendungen verwendet werden, wie in den entsprechenden Bestellunterlagen festgelegt.

Diese Norm sollte zur Messung und Beschreibung der Eigenschaften von Erzeugnissen angewendet werden, die unter kontrollierten Laborbedingungen Wärme und Beflammung ausgesetzt sind; sie sollte nicht für die Beschreibung oder Bewertung der Brandgefahr oder des Brandrisikos von Werkstoffen, Erzeugnissen oder Baugruppen bei realen Brandsituationen angewendet werden. Die Prüfergebnisse können jedoch möglicherweise als Elemente einer Bewertung des Brandrisikos verwendet werden, die alle Faktoren berücksichtigt, die eine Bewertung der Brandgefahr einer bestimmten Endanwendung nachhaltig beeinflussen.

## 2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

### 2.1

$D_s$

spezifische optische Dichte, ist ein dimensionsloses Maß der Rauchmenge je  $m^2$ , die beim Verbrennen eines Werkstoffes entsteht

### 2.2

$D_m$

maximaler Wert von  $D_s$ , der zum festgelegten Zeitpunkt einer Prüfung auftritt

### 2.3

#### **Beflammung**

Beflammung, die thermische Zersetzung des Prüflings unter Einwirkung von Wärmestrahlung und gleichzeitiger Beflammung

### 2.4

#### **Nichtbeflammung**

Nichtbeflammung, die thermische Zersetzung des Prüflings unter alleiniger Einwirkung von Strahlungswärme

### 2.5

$T$

Lichttransmissionswert, in Prozent

### 2.6

$T_t$

Lichttransmissionswert zum betrachteten Zeitpunkt  $t$ , in Prozent

### 2.7

$T_m$

kleinster Lichttransmissionswert in Prozent

### 2.8

$t_{Dm}$

Dauer der Prüfung, bei der die maximale optische Rauchdichte auftritt, in Sekunden

### 3 Kurzbeschreibung des Verfahrens

Die Prüflinge werden senkrecht in einer geschlossenen Prüfkammer angeordnet und entweder nur durch Wärmestrahlung oder in Kombination mit Beflammung zersetzt. Die Rauchdichte wird mit Hilfe der Schwächung eines Lichtstrahls durch den sich ansammelnden Rauch gemessen und in Form der spezifischen optischen Dichte angegeben, welche aus einem Geometriefaktor und der gemessenen Lichtschwächung abgeleitet wird.

## 4 Prüfgeräte

### 4.1 Prüfkammer

Die Prüfkammer muss ein viereckiger Kasten mit den Innenmaßen  $(914 \pm 3)$  mm Breite,  $(610 \pm 3)$  mm Tiefe und  $(914 \pm 3)$  mm Höhe sein. Eine typische Prüfkammer ist in Bild 1 dargestellt. Die Positionen und Größen der Gegenstände wie die Tür der Kammer, Durchflussmessgerät usw., sind wahlfrei, ausgenommen sie sind in den folgenden Abschnitten verbindlich festgelegt.

Die Innenflächen (außer die Tür der Kammer, Öffnungen usw.) müssen aus porzellanemailliertem oder gleichwertig beschichtetem Metall bestehen, das gegen chemischen Angriff und Korrosion beständig und für eine regelmäßige Reinigung geeignet ist.

Als geeignet haben sich handelsübliche Platten aus porzellanemailliertem Stahl (Innenfläche) erwiesen, die dauerhaft an einen Isolierstoffkern aus Magnesiumoxid laminiert und mit verzinktem Stahl (Außenfläche) verstärkt sind.

Die Kammer muss mit einer Tür ausgestattet sein, wie in Bild 1 angegeben, um ausreichend Zugang zum Wechseln der Prüflinge zu haben und um die Wände der Kammer wie gefordert zu reinigen. Die Tür muss mit einem Sichtfenster ausgestattet sein, um während der Prüfung das Innere der Kammer beobachten zu können, besonders, wenn einige der Flammen erlöschen. Die Tür muss mit einer Dichtung ausgestattet sein, damit bei verschlossener Tür keine Leckage des Kammerinhalts auftritt. Ein geringer Überdruck kann sich innerhalb der Prüfkammer entwickeln und gehalten werden.

Eine Be- und Entlüftungsöffnung ist für den Druckausgleich vorzusehen. Die Öffnung muss über eine Dichtung verfügen, damit, wenn sie während der Prüfungen geschlossen ist, keine Leckage des Kammerinhalts auftritt und sich ein geringer Überdruck innerhalb der Prüfkammer entwickeln und gehalten werden kann.

Um ein übermäßiges Ansteigen des Kammerdrucks während der Prüfung zu vermeiden, muss in einer Öffnung der Bodenplatte der Kammer eine luftdichte Sicherheitsmembran, z. B. ein Stück Aluminiumfolie mit einer Dicke von maximal 0,04 mm und einer Fläche von mindestens 800 cm<sup>2</sup> vorgesehen werden.

### 4.2 Manometer

Zur Überwachung des Kammerdrucks und Leckagen ist eine Vorrichtung, wie z. B. ein Manometer oder Druckmesswertwandler vorzusehen. Die Vorrichtung muss einen Messwertbereich bis zu 15 hPa haben und an einen geeigneten Anschluss in der Wand der Prüfkammer angeschlossen werden.

### 4.3 Druckregler

Es ist ein Druckregler vorzusehen, der aus einer offenen, wassergefüllten Flasche und einem Stück Rohr besteht, das nicht länger als 3 050 mm lang sein darf und einen Innendurchmesser von mindestens 25 mm hat. Ein Ende des Rohres muss an einen Anschluss im oberen Bereich oder innerhalb 152 mm von der Decke der Kammer haben; das andere Ende des Rohres muss 102 mm unterhalb der Wasseroberfläche in Position gehalten werden.

#### **4.4 Thermoelement an der Kammerwand**

Die Temperatur der Prüfkammer ist durch ein Thermoelement zu überwachen, dass zum Messen einer Temperatur von 35 °C geeignet ist. Das Thermoelement ist mit dessen Lötverbindung, gesichert mit einer elektrisch isolierenden Abdeckscheibe, in der geometrischen Mitte der rückseitigen Innenwand der Kammer zu befestigen.

#### **4.5 Stromversorgung**

Für den Heizstrahler und Zubehör ist Einphasenstrom von mindestens 650 W vorzusehen. Wenn die Spannungsschwankungen in den Leitungen 2,5 % überschreiten, ist ein Regeltransformator vorzusehen.

#### **4.6 Heizstrahler**

##### **4.6.1 Allgemeines**

Es müssen ein elektrischer Heizstrahler und zugehörige Kontrolleinrichtungen vorgesehen sein, die in der Lage sind, auf der Oberfläche des Prüflings eine konstante Wärmeflussdichte von  $(25 \pm 0,5)$  kW/m<sup>2</sup> zu liefern.

##### **4.6.2 Aufbau des Heizstrahlers**

Die Maße des elektrischen Heizstrahlers sind in Bild 2 angegeben. Der Heizstrahler muss mittig entlang der Längsachse der Kammer angeordnet sein, die Öffnung nach vorn gerichtet und etwa 305 mm von der rechten Wand entfernt angeordnet. Die Mittellinie des Heizstrahlers muss etwa 197 mm oberhalb der Bodenplatte der Kammer sein.

##### **4.6.3 Heizelement**

Das Heizelement muss aus einer Drahtspule bestehen, die etwa 525 W abgeben kann. Das Heizelement muss beim Einbau des Heizstrahlers wie in Bild 3 dargestellt angeordnet werden.

##### **4.6.4 Steuer- und Regelungssystem des Heizstrahlers**

Das Steuer- und Regelungssystem des Heizstrahlers muss die Einstellungen von Spannung und Stromstärke, die durch die Strahlungs-Ausgangsleistung bei der erforderlichen Stärke von  $(25 \pm 0,5)$  kW/m<sup>2</sup> gemessen werden, bei geschlossener Kammertür für mindestens 20 min im Gleichgewichtszustand aufrechterhalten können.

Das Steuer- und Regelungssystem muss aus einem Halbleiterwechsellspannungs- oder -leistungsregler und einem Spannungsmessgerät oder anderen Hilfsmittel zur Überwachung der Eingangsleistung bestehen.

Es ist empfehlenswert, ein digitales Spannungsmessgerät zur Überwachung der Spannungs-Ausgangsleistung des Heizstrahlers und ein digitales Amperemeter zur Überwachung der Stromstärke des Heizstrahlers zu verwenden.

##### **4.6.5 Fühler zur Messung der Wärmestromdichte**

Zur Kalibrierung der Ausgangsleistung des Heizstrahlers ist ein luftgekühlter Fühler zur Messung der Wärmestromdichte vorzusehen. Der Fühler zur Messung der Wärmestromdichte muss einem Rundfolientyp entsprechen.

Es ist Druckluft von 0,10 MPa bis 0,21 MPa vorzusehen, um den Fühler zur Messung der Wärmestromdichte abzukühlen. Die Gehäusetemperatur des Fühlers zur Messung der Wärmestromdichte ist mit einem Thermometer mit einer Genauigkeit von 1 °C bei 93 °C zu überwachen, das in einem (12,5 × 12,5 × 38) mm langen Messing- oder Kupfer-Schutzrohr untergebracht ist, um das Thermometer eng zu umschließen. Es ist ein Silikonschmiermittel zu verwenden, um einen guten thermischen Kontakt herzustellen. Die kreisförmige



Empfangsfläche des Fühlers zur Messung der Wärmestromdichte ist mit infrarot-absorbierender schwarzer Farbe zu beschichten.

Ein Spannungsmessgerät oder ein anderes Gerät mit einer Auflösung von 0,01 mV und einer Genauigkeit von 0,3 % ist erforderlich, um die Fühler zur Messung der Ausgangsleistung der Wärmestromdichte zu überwachen.

## **4.7 Zündbrennersystem**

### **4.7.1 Zündbrenner**

Der Zündbrenner muss ein Sechsröhrbrenner mit geraden Enden, wie in Bild 4 dargestellt, sein. Die sechs Rohre sind aus nicht rostenden Stahlrohren zu fertigen, die einen Außendurchmesser von 3,2 mm und einen Innendurchmesser von  $(1,4 \pm 0,025)$  mm haben. Die sechs Rohre müssen an einen einfachen Verteiler angebracht werden, wie in Bild 4 dargestellt, der aus nicht rostendem Stahlrohr gefertigt wurde, das einen Außendurchmesser von 6,4 mm und eine Wanddicke von 0,9 mm hat. Ein Ende des Verteilers ist zu verschließen; das andere Ende des Verteilers ist an eine Armatur zur Gasversorgung im Kammerboden anzuschließen.

Sämtliche Rohre des Zündbrenners sind senkrecht zur beanspruchten Fläche des Prüflings auszurichten.

### **4.7.2 Lage des Zündbrenners**

Der Zündbrenner ist vor dem und parallel zum Probekörperhalter zu zentrieren. Die Rohrenden sind  $(6,4 \pm 1)$  mm oberhalb der unteren Öffnung des Probekörperhalters und  $(6,4 \pm 0,5)$  mm von der Vorderseite der Probekörperoberfläche entfernt anzuordnen, siehe Bild 4.

Eine Vorrichtung für die genaue Platzierung des Zündbrenners ist empfehlenswert, um eine genaue Lage des Zündbrenners herzustellen und um ein genaues Neuplatzieren des Zündbrenners nach dem Entfernen und Auswechseln zu erleichtern.

### **4.7.3 Brennstoff des Brenners**

Der Gasbrennstoff für den Zündbrenner ist durch Vermischen von gefilterter ölfreier Luft mit Propan mit einer Reinheit von mindestens 95 % herzustellen; die Mischung ist in den Zündbrenner einzuleiten. Alle Gase sind durch einzelne, kalibrierte Durchflussmesser und Nadelventile zu messen. Die Luft-Propan-Mischung muss eine Fließgeschwindigkeit der Luft, die  $(500 \pm 20)$  cm<sup>3</sup>/min entspricht (bezogen auf 23 °C und 1 013 hPa), und eine Fließgeschwindigkeit des Propans, die  $(50 \pm 3)$  cm<sup>3</sup>/min entspricht (bezogen auf 23 °C und 1 013 hPa), haben. Die Druckluft ist mit  $(0,14 \pm 0,03)$  MPa und das Propan mit  $(0,10 \pm 0,02)$  MPa zum Durchflussmesser zu leiten.

In den Leitungen, in denen Luft und Propan gemischt werden, sollte ein Rückströmventil oder eine Flammendurchschlagsicherung vorgesehen sein.

### **4.7.4 Zündanlage**

Es wird eine Zündanlage wird zum Wiederanzünden der Flammen des Zündbrenners empfohlen, um sicherzustellen, dass keine der Flammen länger als 3 s während der Prüfung erlischt.

Wird ein elektrisches Zündgerät verwendet, muss ein entsprechendes Verfahren zur Unterdrückung und eine Geräte-Abschirmung angewendet werden, um keine Störung mit der Datenerfassungseinrichtung für die genaue Aufzeichnung der Daten hervorzurufen.

## 4.8 Probekörperhalter

### 4.8.1 Allgemeines

Der Probekörperhalter muss aus einem nicht rostenden Stahlrahmen, einem Halterahmen aus Draht, einer Verstärkung aus Isolierpappe sowie einer Feder und einem Sicherungsstift bestehen, um den Prüfling in Position zu halten.

### 4.8.2 Rahmen des Probekörperhalters

Der Rahmen des Probekörperhalters ist durch Biegen und Hartlöten (oder Punktschweißen) aus einer nicht rostenden Stahlplatte mit einer Nenndicke von  $(0,60 \pm 0,05)$  mm zu fertigen, um in Form und Maßen Bild 6 zu entsprechen. Der Rahmen muss mindestens 51 mm tief sein und eine zu beanspruchende Oberfläche für Prüflinge mit Nennmaßen  $(65 \pm 1,5)$  mm  $\times$   $(65 \pm 1,5)$  mm haben.

Eine Rinne zum Auffangen und Halten von tropfenden Werkstoffen ist an das untere vordere Teil des Halters anzubringen.

Führungen zum genauen Zentrieren der zu beanspruchenden Prüflingsoberfläche vor der Öffnung des Heizstrahlers müssen am oberen und unteren Teil des Rahmens des Halters angebracht werden.

### 4.8.3 Halterahmen aus Draht

Zum Stützen der Prüflinge wird ein Halterahmen verwendet. Einzelheiten zum Aufbau des Rahmens sind in den Bildern 7A und 7B dargestellt. Der Rahmen ist für Drähte mit einem Außendurchmesser bis zu 3,3 mm zulässig.

### 4.8.4 Verstärkung der Prüflinge

Ein Stück Isolierpappe ist als Verstärkung für den Prüfling und als simulierter Blind-Prüfling zu verwenden. Die Pappe muss eine Dichte von  $(800 \pm 160)$  kg/m<sup>3</sup> oder gleichwertig haben und  $(13 \pm 1)$  mm dick sein. Die Stücke müssen die Maße  $(74 \pm 1)$  mm  $\times$   $(74 \pm 1)$  mm haben, um in den Probekörperhalter zu passen.

### 4.8.5 Rückholfeder

Eine Feder aus einer  $(76 \times 75 \times 0,25)$  mm dicken nicht rostenden Stahlplatte, wie in Bild 6 dargestellt, ist mit einem nicht rostenden Sicherungsstift zu verwenden, um den Prüfling und Rückseite aus Pappe während der Prüfung sicher in Position zu halten.

## 4.9 Haltegestell für Heizstrahler und Probekörperhalter

Ein typisches Haltegestell zum Halten des Heizstrahlers und des Probekörperhalters ist in Bild 9 dargestellt. Dieses Haltegestell muss eine Vorrichtung haben, um die genaue Justierung der Öffnung des Heizstrahlers herzustellen, so dass dieser  $(38 \pm 1)$  mm von, parallel und zentriert zur beanspruchten Oberfläche des Prüflings ist. Es sind Stellschrauben vorzusehen, um den Heizstrahler zum Prüfling auszurichten.

Der Rahmen muss über zwei Querstäbe aus nicht rostendem Stahl mit einem Durchmesser von 10 mm verfügen, um die Führungen des Probekörperhalters aufzunehmen. Die Stäbe müssen das Haltegestell stützen, damit sich die beanspruchte Probekörperoberfläche parallel zur Öffnung des Heizstrahlers befindet. An beiden Enden jedes Stabes müssen Abstandshalter angebracht werden, um eine schnelle und genaue seitliche Positionierung des Probekörperhalters zu ermöglichen. Eine von außen bedienbare Kontrollstange ist vorzusehen, um den Prüfling mit einem leeren Probekörperhalter vor dem Heizstrahler zu ersetzen.

## 4.10 Photometrisches System

### 4.10.1 Allgemeines

Ein photometrisches System, das Lichtdurchlässigkeitswerte von mindestens 1,0 % bis zu einer Genauigkeit von 0,03 % erkennen kann, ist vorzusehen. Das System muss aus einer Lichtquelle und einer Photovervielfältigungsröhre bestehen, die vertikal ausgerichtet sind, um Messabweichungen aufgrund von Schichtenbildung des Rauchs in der Kammer während der Prüfung zu verringern, ein Photovervielfältigungs-Mikrophotometer, das die Ausgangsleistung der Photovervielfältigungsröhre entweder in relative Intensität und/oder in optische Dichte umwandelt, und ein Bandschreiber oder andere geeignete Hilfsmittel zur Aufzeichnung der Lichtdurchlässigkeit in Abhängigkeit von der Zeit sind erforderlich. Ein typisches System ist in Bild 8 dargestellt.

### 4.10.2 Lichtquelle

Als Lichtquelle ist eine Glühlampe zu verwenden, die in einem abgedichteten, lichtundurchlässigen Kasten unterhalb des Kammerbodens angebracht ist. Ein Regeltransformator muss auf einen Spannungswert eingestellt werden, damit die Lichttemperatur, bei der gearbeitet wird,  $(2\,200 \pm 100)$  K beträgt. Der Kasten muss mit der notwendigen Optik versehen sein, um ein quasi paralleles Strahlenbündel von  $(38 \pm 3)$  mm Durchmesser vertikal durch die Prüfkammer zu senden. Die Lichtquelle und deren Optik müssen von der Kammerluft durch ein Glasfenster isoliert werden, das bündig mit der Bodenplatte der Kammer angebracht und abgedichtet ist, um Leckage des Kammerinhalts zu verhindern. Um ein Kondensieren des Rauches auf ein Mindestmaß zu senken, muss das Fenster mit einem in dem lichtundurchlässigen Kasten außerhalb der Bahn des Lichtstrahlenbündels angebrachten ringförmigen elektrischen Heizgerät versehen sein, das eine Mindesttemperatur von 52 °C auf der Oberfläche des Fensters innerhalb der Kammer aufrechterhält.

### 4.10.3 Photovervielfacherröhre

Die Photovervielfacherröhre muss eine lineare spektrale Empfindlichkeit S-4 und einen Dunkelstrom von weniger  $10^{-9}$  A haben.

Die Photovervielfacherröhre und die dazugehörige Optik sind in einem zweiten lichtundurchlässigen Kasten anzubringen, der oberhalb der Kammerdecke direkt gegenüber der Lichtquelle positioniert ist. Die Photovervielfacherröhre und deren Optik sind von der Kammerluft durch ein Glasfenster abzutrennen, das bündig mit der Kammerdecke angebracht ist und einen Sichtdurchmesser von  $(38 \pm 3)$  mm zulässt. Das Fenster ist abzudichten, um Leckage des Kammerinhalts zu vermeiden.

### 4.10.4 Mikrophotometer

Das einschließlich seines Gerätezubehörs verwendete Mikrophotometer muss in jedem Messbereich eine Genauigkeit von  $\pm 3$  % vom maximalen Anzeigewert haben. Es bedingt eine spektrale Bandbreite, die fast völlig mit der übereinstimmt, die dem menschlichen Sehvermögen entspricht. Das Mikrophotometer muss in der Lage sein, das Signal der Photovervielfacherröhre in eine linearisierte relative Intensität und/oder optische Dichte umzuwandeln. Die Kombination von Mikrophotometer/Photovervielfacherröhre muss empfindlich genug sein, damit das Mikrophotometer so eingestellt werden kann, dass sich mit dem Ansprechverhalten der Photovervielfacherröhre (Ausgangsleistung) hinsichtlich der Lichtquelle ein voller Anzeigewert ergibt (100 % relative Lichtintensität oder optische Dichte = 1), wenn ein neutrales optisches Farbfilter von 0,5 oder höherer optischer Dichte in den Lichtweg eingebracht wird.

### 4.10.5 Justiereinrichtung

Die beiden optischen Fenster und deren Gehäuse müssen mit einer aus drei Metallstäben mit einem Durchmesser von 13 mm bis 19 mm bestehenden, fest an außen angebrachten 8 mm dicken Deck- und Bodenplatten montierten Justiereinrichtung ausgerichtet und in einem Abstand von  $(914 \pm 3)$  mm voneinander gehalten und symmetrisch um das quasi parallele Strahlenbündel (siehe Bild 10) angeordnet werden.

#### **4.10.6 Optische Filter**

Außerdem ist ein Satz von neun neutralen optischen Farbfiltern – mit einer optischen Dichte von 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, und 0,9 – vorzusehen. In den Lichtweg des optischen Messsystems können je nach Anforderung ein oder mehrere der optischen Farbfilter eingebaut werden, um die Empfindlichkeit der Photovervielfacherröhre zu kompensieren. Möglicherweise können diese Filter auch verwendet werden, um das photometrische System zu justieren, da sich die Lichtquelle und/oder die Empfindlichkeit der Photovervielfacherröhre durch Alterung und/oder durch Auftreten einer Verfärbung der optischen Fenster ändern können.

#### **4.10.7 Schreiber**

Es ist eine Aufzeichnungsvorrichtung bereitzustellen, die während der Prüfung eine Aufzeichnung der prozentualen Lichtdurchlässigkeit und/oder optischen Dichte in Abhängigkeit von der Zeit liefert. Wird ein rechnergestütztes Datenerfassungssystem oder ein Punkt-für-Punkt-Schreiber verwendet, muss die Aufzeichnung entweder aus einer durchgängigen Kurve auf einem Schreiber oder aus mindestens alle 5 s erfassten Einzelwerten bestehen.

#### **4.11 Abzugschrank**

Ein Abzugssystem zum Entfernen des Kammerinhalts nach jeder Prüfung kann möglicherweise an einen geeigneten Abzugschrank angeschlossen werden. Das Anbringen eines Abzugschranks unmittelbar oberhalb der Tür der Rauchkammer wird als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme empfohlen.

### **5 Prüflinge**

#### **5.1 Allgemeines**

Die Prüflinge sind dem zu prüfenden Draht oder der zu prüfenden elektrischen Leitung zu entnehmen.

#### **5.2 Anzahl der Prüflinge**

Es müssen mindestens vier Prüflinge hergestellt werden; bei jeder Prüfung müssen mindestens drei geprüft werden (Beflammung/Nichtbeflammung).

#### **5.3 Länge der Prüflinge**

Die Länge des/der als Prüfling verwendeten Drahtes/Leitung hängt von seiner/ihrer Größe (Außendurchmesser) ab. Bei Drähten/Leitungen mit einem Außendurchmesser  $\leq 3,3$  mm sollte ein Prüfling mindestens 3,1 m lang sein. Bei Drähten/Leitungen mit einem Außendurchmesser  $> 3,3$  mm muss die Länge des Prüflings mindestens 1,6 m betragen.

#### **5.4 Herstellen der Prüflinge**

Bei Prüflingen mit einem Außendurchmesser von bis zu 3,3 mm ist ein Drahtende durch eine der Bohrungen des Halterrahmens aus Draht einzuführen und das Wickeln durch Einführen des Drahtendes bei der letzten Wicklung durch eine noch nicht verwendete Bohrung abzuschließen, um ein Abwickeln zu verhindern.

Die gesamte Oberfläche des Prüflings, außer die der Prüfung ausgesetzte Oberfläche, ist vor dem Einbringen in den Probekörperhalter in Aluminiumfolie zu wickeln. Es ist glatte Aluminiumfolie mit einer Dicke  $(0,03 \pm 0,01)$  mm zu verwenden. Die matte Seite ist muss dem Prüfling zugewandt sein.

Nachdem der Prüfling in den Probekörperhalter eingebracht wurde, muss vorhandene Aluminiumfolie auf dem beanspruchten Prüfling von der Unterseite entfernt werden; an den anderen drei Seiten ist sie entweder

ebenfalls zu entfernen oder zurückzuschlagen (um das Bedecken der Oberfläche des Prüflings zu vermeiden).

Die Prüflinge sind in einen Probekörperhalter einzubringen, gefolgt von einer aus Korund-Quarzgut bestehenden Verstärkungsplatte, dem Federteller und dem Sicherungsstift, siehe Bild 6.

Die hergestellten Prüflinge sind in die Klimakammer einzubringen, bis sie geprüft werden.

Prüflinge > 3,3 mm sollten auf eine Länge von  $(73 \pm 2)$  mm geschnitten und nebeneinander gelegt werden, damit sie die gesamte Öffnung vor dem Probekörperhalter bedecken, so dass die Prüfrichtung vertikal verläuft. Das wird dadurch erreicht, dass zuerst die Vorderseite der feuerfesten Pappe mit Aluminiumfolie abgedeckt wird und sie und die Feder in den Probekörperhalter eingesetzt werden. Die Prüflinge werden nur in vertikaler Anordnung geprüft. Siehe Bild 7B.

## 6 Konditionierung

Die Prüflinge sind mindestens 24 h auf  $(23 \pm 2)$  °C und bei einer relativen Luftfeuchte von  $(50 \pm 5)$  % zu konditionieren. Es ist immer nur ein Prüfling unmittelbar vor seiner Prüfung der Konditionierungsumgebung zu entnehmen.

## 7 Überprüfung und Wartung der Prüfgeräte

### 7.1 Schutz des Heizstrahlers

Es ist ein aus einer 13 mm dicken Korund-Quarzgut-Platte bestehender Blind-Prüfling herzustellen, der in einem Probekörperhalter befestigt ist. Der Blind-Prüfling wird vor dem Heizstrahler belassen, wenn keine Prüfung oder Kalibrierung durchgeführt wird.

### 7.2 Regelmäßige Kalibrierung

#### 7.2.1 Fühler zur Messung der Wärmestromdichte

Der Fühler zur Messung der Wärmestromdichte ist mindestens einmal jährlich durch den Hersteller erneut zu kalibrieren.

#### 7.2.2 Photometrisches System

##### 7.2.2.1 Allgemeines

Das in diesem Prüfverfahren verwendete photometrische System ist ein inhärent lineares Gerät. Das System ist hinsichtlich der einwandfrei ausgerichteten Photozelle zu überprüfen. Die Linearität des Systems ist mindestens alle zwei Monate mit einem Satz von Filtern von optisch neutraler Dichte oder in gleichwertiger Weise zu überprüfen. Werden Unregelmäßigkeiten beobachtet oder vermutet, ist das System häufiger zu überprüfen.

##### 7.2.2.2 Justierung

Es ist eine lichtundurchlässige Schablone mit einem Durchmesser von etwa 115 mm und einem inneren Kreis mit einem Innendurchmesser 51 mm herzustellen. Die Schablone ist mit durchsichtigem Klebeband mittig angeordnet an dem oberen optischen Fenster anzubringen. Befindet sich das optische System in seinem normalen Betriebszustand, ist das projizierte Bild auf der Schablone zu beobachten. Ein richtig ausgerichteter Strahl wird den 51 mm Kreis vollständig mit etwas Überschuss ausfüllen. Wegen des Glühfadens ist das Abbildungsmuster kein vollständiger Kreis. Ist das Abbildungsmuster zu groß oder zu klein, ist eine Einstellung der unteren Linse erforderlich.

Von dem Gehäuse der Lichtquelle ist die Schutzkappe zu entfernen. Ist das Abbildungsmuster nicht zentriert, erfordert das die erneute Einstellung der Lichtquelle oder eine geringfügige Korrektur des Linsenaufbaus in deren Führung. Die Lage der Linse kann durch eine geringfügige Einstellung optimiert werden, bis der maximale Photometer-Anzeigewert erreicht ist, wonach diese Einstellung gesichert wird. Die Abdeckung wird wieder angebracht, wobei sicherzustellen ist, dass alle Schrauben fest angezogen sind.

Das Photometer ist auszuschalten und die Schutzkappe von dem oben angebrachten optischen Gehäuse zu entfernen. Der Halter des Ausgleichsfilters ist vom Linsenaufbau zu entfernen und die Anpassung des Lichtstrahles festzustellen. Ein richtig fokussierter und ausgerichteter Lichtstrahl bildet einen kleinen intensiven Punkt an der Aperturblende des Photovervielfacher-Gehäuses, die in den Deckel des Gehäuses hineinragt. Ist der Strahl ungenau ausgerichtet oder nicht richtig fokussiert, sind die Schrauben an den Linsen leicht zu lockern und die Linsen sind erneut sorgfältig zu fokussieren. Die Schrauben sind anzuziehen und der Lichtpunkt erneut zu prüfen.

Der Halter des Ausgleichsfilters ist wieder in den Linsenaufbau einzubauen und die Schutzkappe wieder aufzusetzen. Sämtliche Schrauben sind zu ersetzen, um lichtdurchlässige Stellen zu vermeiden.

### **7.2.2.3 Linearitätsprüfung**

Das einschließlich Zubehör verwendete Photometer sollte in jedem Bereich eine Genauigkeit von 3 % vom maximalen Anzeigewert haben. Es bedingt ein spektrale Bandbreite, die fast völlig mit der übereinstimmt, die dem menschlichen Sehvermögen entspricht. Diese ist durch den Betriebszustand der Glühlampe und die spektrale Empfindlichkeit des Photodetektors festgelegt.

Da keine genaue Kontrolle über die Bandbreite dieses Spektralbandes aufrechterhalten wird, könnte es, falls eine genaue Kalibrierung versucht werden soll, notwendig sein, über ein Spektralband von mindestens 350 nm bis 750 nm von Filtern mit konstanter Lichtdurchlässigkeit Gebrauch zu machen. Derartige Filter sind jederzeit verfügbar. Deshalb und wegen der Eigenlinearität eines sachgemäß konstruierten Photometers und Messkreises sollte der Anwender des Prüfverfahrens bestrebt sein, eine präzise Kalibrierung des Gerätes über dessen Arbeitsbereich vorzunehmen. Als ein Hilfsmittel wird jedoch das folgende grobe Kalibrierverfahren empfohlen, um sicherzustellen, damit kein Gesamtversagen des photometrischen Messsystems auftritt.

Die Justierung ist nach 7.2.2.2 zu vervollständigen.

Bei gesperrtem Strahleneingang des Photometers muss festgestellt werden, ob das Gerät in sämtlichen Normalbereichen eine Lichtdurchlässigkeit von Null aufweist, ohne das Filter für die Bereichserweiterung vom Photometerkopf zu entfernen. Die Lichtdurchlässigkeit eines Satzes von optischen Neutralfiltern (Bereich 0,1 bis 0,9 optische Nennlichtdichte) oder vergleichbaren Filtern, die zuvor in einem anderen Rauchdichte-Photometer kalibriert wurden, ist zu messen.

Die beiden Messungen der Lichtdurchlässigkeit sollten innerhalb 5 % des Mittelwertes der beiden Messungen übereinstimmen. Liegt keine derartige Übereinstimmung vor, ist eine Untersuchung vorzunehmen, um den Grund der Nichtübereinstimmung festzustellen.

### **7.2.3 Heizstrahler**

Der zur Messung der Wärmestromdichte zugelassene Fühler ist zur Überwachung der vom Heizstrahler erzeugten Wärmestromdichte zu verwenden.

Der Zündbrenner ist aus der Kammer zu nehmen.

Der Fühler zur Messung der Wärmestromdichte ist an den horizontalen Stangen des Heizstrahler-Haltegestells anzubringen und durch Schieben und Verschieben des leeren Probekörperhalters gegen den Abstandshalter genau vor der Heizstrahleröffnung zu positionieren.

Bei geschlossener Kammertür und geöffneter Einlassöffnung wird die Druckluftzufuhr zum Kühler des Fühlers zum Messen der Wärmestromdichte eingestellt, um dessen Gehäusetemperatur bei  $(93 \pm 3) ^\circ\text{C}$  aufrechtzuerhalten.

Die Abstimmung der Einstellung des Steuer- und Regelungssystems des Heizstrahlers für Spannung und Stromstärke ist vorzunehmen, um die kalibrierte Ausgangsleistung in Millivolt (angegeben im Prüfbericht des Radiometer-Lieferanten oder mit einem neu kalibrierten Radiometer bereitgestellt) des Fühlers zur Messung der Wärmestromdichte zu erhalten, die einer Dauerbestrahlung von  $(25 \pm 0,5) \text{ kW/m}^2$  entspricht.

Nachdem die Strahlung den geforderten Wert erreicht hat und mindestens 5 min im Gleichgewichtszustand gehalten wurde, ist der Fühler zur Messung der Wärmestromdichte aus der Kammer zu nehmen und mit dem leeren Probekörperhalter zu ersetzen.

Die Einstellung des Steuer- und Regelungssystems des Heizstrahlers für Spannung und Stromstärke ist aufzuzeichnen; diese Einstellung ist zu verwenden, bis eine spätere Kalibrierung anzeigt, dass sie geändert werden sollte.

#### **7.2.4 Dichtheitsprüfung der Kammer**

Die Leckrate der Rauchdichtekammer ist mindestens einmal monatlich zu überprüfen, oder häufiger, wenn ein Verlust des Kammerdrucks vermutet wird, wobei folgendes Verfahren anzuwenden ist:

Der Schalter des Heizstrahlers ist auf AUS zu stellen. Das Einlassventil und die Kammertür sind zu schließen.

Die Kammer wird auf mindestens 8 hPa oberhalb des vom Manometer angezeigten Umgebungsdrucks mit Druck beaufschlagt (z. B. durch Einblasen einer geringen Menge an Luft durch den für den Fühler zur Messung der Wärmestromdichte verwendeten Anschluss).

Der Kammerdruck ist aufzuzeichnen. Es ist zu überprüfen, ob die Leckrate des Kammerdrucks in 2 min geringer als 5 hPa mm ist.

#### **7.2.5 Gesamtsystem**

Das Gesamtsystem ist mindestens einmal monatlich durch Prüfen eines Werkstoffes zu überprüfen, der einen stetigen  $D_m$ -Wert von Prüfling zu Prüfling im Bereich 30 bis 60 aufgewiesen hat und der stets und ständig zur Verfügung steht.

Die Aufzeichnungen der erhaltenen Prüfergebnisse sind aufzubewahren; werden Streuwerte festgestellt, sind diese zu identifizieren und alle instrumentellen oder betrieblichen Abweichungen sind zu korrigieren.

### **7.3 Reinigen der Kammer**

#### **7.3.1 Fenster des optischen Systems**

Es kann eine dünne Schicht von durchsichtigem Werkstoff über die optischen Fenster angebracht werden, um sie gegen korrosive Bestandteile im Rauch zu schützen.

Die freiliegenden Oberflächen des Glasfensters, die das Gehäuse des Photodetektors und der Lichtquelle vom Inneren der Kammer trennen, sind nach jeder Prüfung zu reinigen.

Zuerst ist das obere Fenster, danach das untere Fenster mit einem weichen Tuch zu reinigen, das mit einem geeigneten Reinigungsmittel angefeuchtet ist. Ethylalkohol, Diethylketon oder gleichwertige Reinigungsmittel wurden als zufriedenstellend befunden.

Um Schlieren oder das Entstehen eines Films zu vermeiden, ist das Fenster zu trocknen. Es dürfen keine Reinigungsmittel verwendet werden die Wachs enthalten, da der Rauch durch das Wachs schneller vom Fenster aufgenommen wird.

### **7.3.2 Sichtfenster**

Eine dünne Schicht von durchsichtigem Werkstoff kann möglicherweise über den optischen Fenstern angebracht werden, um sie gegen korrosive Bestandteile im Rauch zu schützen.

Das Sichtfenster ist wie gefordert in regelmäßigen Abständen zu reinigen, um während der Prüfung die Sicht in das Innere der Kammer zu ermöglichen. Die gleichen wie in 7.3.1 verwendeten Reinigungsmittel wurden als zufriedenstellend befunden.

### **7.3.3 Kammerwände**

Die Kammerwände sind in regelmäßigen Abständen zu reinigen, um das Entstehen von übermäßigen Ablagerungen von Rauch zu vermeiden. Ammoniakhaltige Sprühreiniger und weiche Reinigungsmaterialien wurden als effektiv befunden.

### **7.3.4 Probekörperhalter**

Es sind alle verkohlten Rückstände auf dem Probekörperhalter und den horizontalen Stangen zu entfernen, um eine Verunreinigung der nachfolgenden Prüflinge zu verhindern.

## **7.4 Einstellen der Prüfkammer**

Jeden Tag vor der Prüfung ist:

- die Ausgangsleistung des Heizstrahlers ist nach 7.2.3 zu kalibrieren, um die korrekte Spannung und Stromstärke des Heizstrahlers festzulegen;
- der Dunkelstrom des Photovervielfachers abzugleichen und die Freistrahloptik ist auf einen Ablesewert von 100 % relative Transmission einzustellen.

## **8 Durchführung der Prüfung**

- es ist sicherzustellen, dass die Wandtemperatur der Prüfkammer  $(35 \pm 2)$  °C beträgt;
- es ist sicherzustellen, dass die Spannung des Heizstrahlers ordnungsgemäß eingestellt ist;
- es ist sicherzustellen, dass die Stromstärke die richtige Höhe hat;
- der Leer-Ablesewert wird auf 0 % relative Transmission<sup>1)</sup> eingestellt;
- der Freistrahli-Ablesewert wird auf 100 % relative Transmission<sup>1)</sup> eingestellt;

*Bei Prüfen mit Beflammung:*

- der Zündbrenner ist vor und parallel zum Probekörperhalter anzuordnen;
- die Brennstoffzufuhr des Zündbrenners anzustellen und die Flammen am Zündbrenner sind anzuzünden;
- es ist sicherzustellen, dass alle Flammen angezündet und ordnungsgemäß justiert sind. Die sichtbaren Spitzen der Zündbrennerflammen sollten etwa 6 mm lang sein, mit einem leuchtenden Innenkegel, der etwa 3 mm lang ist, wie in Bild 5 dargestellt. Haben die Flammen nicht diese ungefähre Größe, kann es möglicherweise Schwierigkeiten mit dem Luft/Propan-Brennstoffgemisch und/oder der/den Durchflusgeschwindigkeit(en) geben, wobei in dem Fall die Genauigkeit des Durchflussmessers überprüft werden sollte.

---

1) Falls in Verbindung mit der Prüfkammer ein computergesteuertes Datenerfassungssystem verwendet wird, ist es notwendig, zu diesem Zeitpunkt die Abfrage (Ablesung) des Ausgangssignals vom System vornehmen zu lassen.



*Bei Prüfen ohne Beflammung:*

- der Zündbrenner, wenn eingebaut, ist zu entnehmen;
- ein Prüfling ist der Klimakammer zu entnehmen, die Tür der Prüfkammer zu öffnen und der Probekörperhalter auf das Stützgestell zu legen;
- bei Kammern ohne äußere Vorrichtung zum Bewegen des Probekörperhalters vor den Heizstrahler ist der Probekörperhalter unmittelbar in Position vor den Heizstrahler zu schieben, indem der leere Probekörperhalter an den vorher angebrachten Anschlag verschoben wird; gleichzeitig ist der Zeitgeber und Schreiber für die Lichttransmission zu starten. Die Tür der Kammer und das Einlassventil sind zu schließen;
- bei Kammern mit äußerer Vorrichtung zum Bewegen des Probekörperhalters vor den Heizstrahler ist der Halter auf das Stützgestell zu legen, die Tür zu schließen und anschließend das Prüfstück in Position zu bringen; gleichzeitig sind der Zeitgeber und Schreiber für die Lichttransmission zu starten.
- die Prüfung ist mindestens 4°/min oder 16 min (abhängig von der Anforderung) weiterzuführen. Während der Prüfung darf keine Analyse des Kammerinhalts, wie z. B. die Gasprobenahme, durchgeführt werden;
- die Lichtdurchlässigkeit in Prozent und/oder die optische Dichte in Abhängigkeit von der Zeit sind aufzuzeichnen;
- der Kammerdruck ist während der Prüfung zu überwachen. Sollte sich Unterdruck (unterhalb Umgebungstemperatur) entwickeln, ist das Einlassventil ein wenig zu öffnen, um den Druck zu mindern;
- die Flammen des Zündbrenners sind während der Prüfung zu überwachen. Es ist einzutragen und aufzuzeichnen, ob eine der Flammen erlischt und länger als 3 s erloschen bleibt. Sollte ein derartiges Erlöschen auftreten, sind die Prüfergebnisse dieses Prüflings ungültig; die Prüfung kann möglicherweise beendet und eine neue Prüfung mit einem neuen Prüfling begonnen werden;
- nach Beendigung der Prüfung ist der Probekörperhalter von dem Heizstrahler wegzuziehen und durch einen leeren Probekörperhalter unter Verwendung der äußeren Kontrollstangen zu ersetzen;
- innerhalb 1 min ist der Rauch aus der Kammer durch Öffnen der Be- und Entlüftungsöffnung und des Auslassventils, falls verwendet, abzuleiten;
- es ist mit der Entlüftung der Kammer fortzufahren, bis der gesamte Rauch entfernt wurde;
- die Tür der Kammer ist zu öffnen und der Prüfling zu entnehmen;
- die Fenster zu den Gehäusen des Photovervielfachers und der Lichtquelle hin sind zu reinigen;
- sämtliche Schritte sind bei der nächsten Prüfreihe zu wiederholen.

## 9 Berechnung

Die spezifische optische Dichte  $D_s$  ist während des in der Prüfspezifikation angegebenen Prüfzeitraums für jeden Prüfling nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$D_s = \frac{V}{L \times A} \text{Log}_{10} \frac{100}{T_t}$$

Dabei ist

$V$  Kammervolumen = 0,510 m<sup>3</sup>;

$L$  Lichtweglänge = 0,914 m;

$A$  beanspruchte Oberfläche des Prüflings = 0,004 24 m<sup>2</sup>;

$T_t$  Lichttransmissionswert in Prozent zum Zeitpunkt  $t$ , in Minuten.

$\text{Log}_{10} (100/T_t)$  = optische Dichte zum betrachteten Zeitpunkt  $t$ .

Daraus folgt

$$D_s = 132 \times \text{Log}_{10} \frac{100}{T_t}$$

Unter Verwendung derselben Gleichung ist die maximale spezifische optische Rauchdichte  $D_m$  für jeden Prüfling während des in der Prüfspezifikation angegebenen Prüfzeitraums wie folgt zu berechnen und aufzuzeichnen:

$$D_m = 132 \times \text{Log}_{10} \frac{100}{T_m}$$

Dabei ist

$T_m$  = prozentualer Mindestanteil der Lichttransmission innerhalb der Dauer von;

$\text{Log}_{10} (100/T_m)$  = Prüfung der maximalen optische Dichte, festgelegt in der Prüfspezifikation.

Der Mittelwert von  $D_m$  und dessen Standardabweichung für alle geprüften Prüflinge sind zu berechnen und aufzuzeichnen. Es sind die tatsächlichen  $D_m$ -Werte für diesen Mittelwert zu verwenden; zur Bestimmung des  $D_m$ -Wertes darf der Lichttransmissionswert nicht verwendet werden.

Wurde ein Werkstoff sowohl mit als auch ohne Beflammung geprüft, sind die zwei verschiedenen Mittelwerte von  $D_m$  und deren Standardabweichungen unter Verwendung der entsprechenden  $D_m$ -Werte zu berechnen und im Bericht anzugeben.

## 10 Anforderungen

Für jede Prüfung sind mindestens 8 Prüflinge vorzusehen. Falls nicht anders in der Produktnorm festgelegt, muss der Draht/die elektrische Leitung die gleiche Größe haben wie sie im Luftfahrzeug verwendet wird. Bei jeder Prüfmart (Beflammung und Nicht-Beflammung) sollten mindestens 3 Prüflinge geprüft werden.

Die spezifische optische Rauchdichte darf nicht die in Tabelle 1 angegebenen Werte von schwacher Beflammung und Nicht-Beflammung überschreiten:

**Tabelle 1 — Anforderungen an Draht/Leitung**

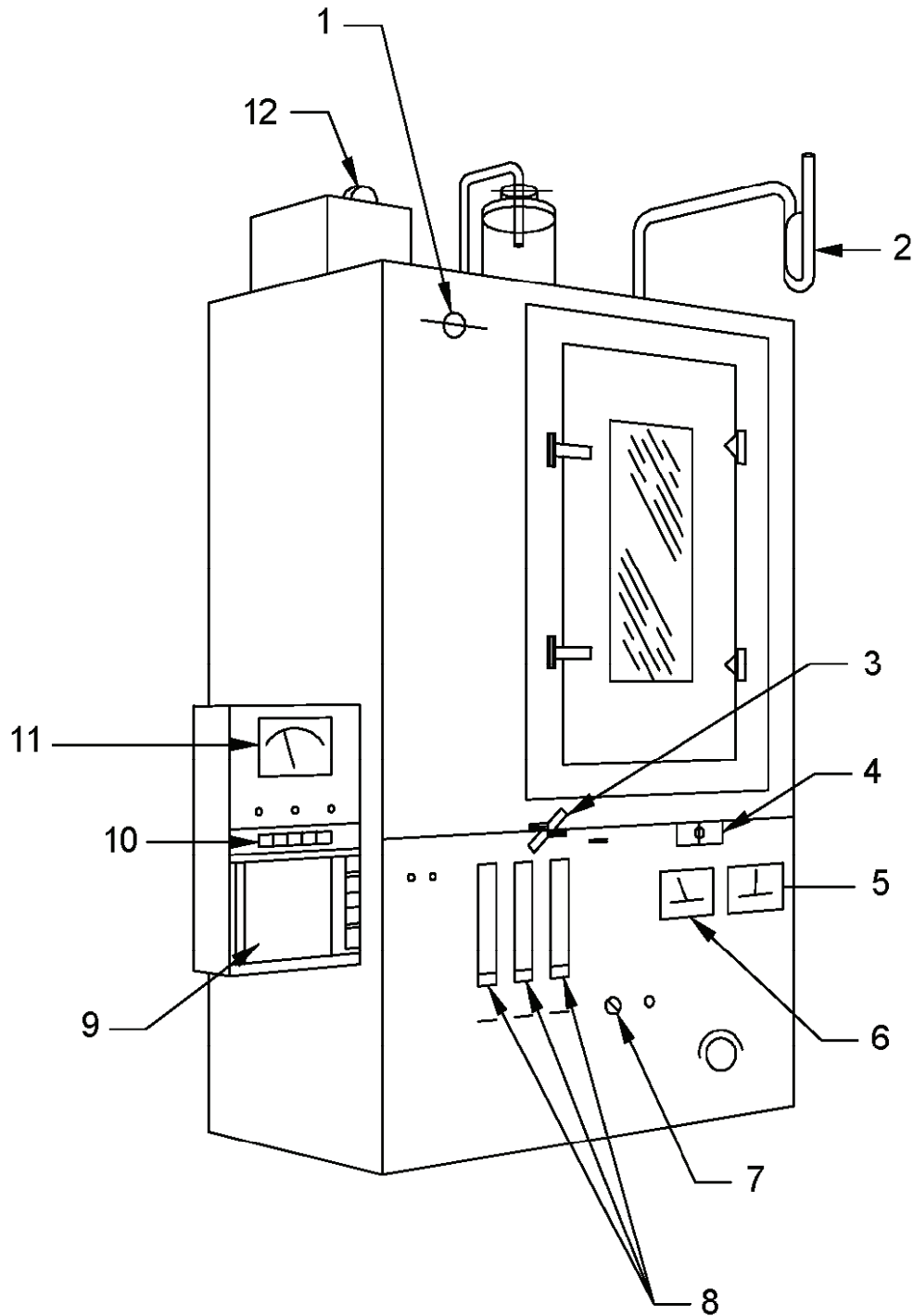
Anforderung	$\varnothing \leq 3,3 \text{ mm}$		$\varnothing > 3,3 \text{ mm}$	
	Datenübertragung/ Koaxialkabel <sup>a</sup>	Allgemeiner Zweck <sup>b</sup>	Datenübertragung/ Koaxialkabel <sup>a</sup>	Allgemeiner Zweck <sup>b</sup>
	4 min $D_m 200$	16 min $D_m 20$	4 min $D_m 200$	16 min $D_m 20$
<sup>a</sup> Falls nicht anders in der Produktnorm festgelegt. <sup>B</sup> Es ist ausschließlich AWG-Größe 20 zu prüfen.				

## 11 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- vollständige Beschreibung des Materials und des Aufbaus der Prüflinge (Werkstoffbezeichnung, Herstellerbezeichnung, Herstellerteilenummer, Aufbau, Dicke des Prüflings, Dichte usw.);
- Hersteller/Lieferer und Bestellnummer;
- Übereinstimmungsbescheinigung durch die Qualitätssicherung des Herstellers der Prüflinge;
- Prüfverfahren;
- Anordnung des Prüflings (falls zutreffend);
- Prüfdauer;
- die berechnete maximale optische Rauchdichte  $D_m$  innerhalb der festgelegten Prüfzeit sowie die Zeit  $t_{Dm}$  in Sekunden, bei der jeder geprüfte Prüfling  $D_m$  erreicht hat. Die entsprechende Prüfmart ist anzugeben;
- $D_m$ -Mittelwert(e) und dessen/deren relative Standardabweichung(en) für jede Prüfmart. Die entsprechende Prüfmart ist anzugeben;
- Beobachtungen hinsichtlich des Erlöschens des Zündbrenners (falls zutreffend) und zur Rauchentwicklung, wie z. B. Farbe des Rauches, Art der Rußablagerungen usw., und über Schmelzen, Durchhängen oder sonstigem Verhalten, das die beanspruchte Oberfläche oder in Erscheinung getretene Brennart beeinträchtigt hat, und die Zeitdauer, bei der ein derartiges Verhalten aufgetreten ist, in Sekunden;
- Änderungen bei der Durchführung der Prüfung, die durch die Prüfspezifikation erforderlich wurden;
- Name und Anschrift des Prüflabors/der Prüfstelle;
- Datum der Prüfung;
- Name des Prüfers und Unterschrift des Projektleiters.

Der Bericht muss außerdem Datenblätter enthalten, die für jeden geprüften Prüfling die Lichtdurchlässigkeit  $T$  oder die spezifische optische Rauchdichte  $D_S$  graphisch als Funktion der Zeit angeben.

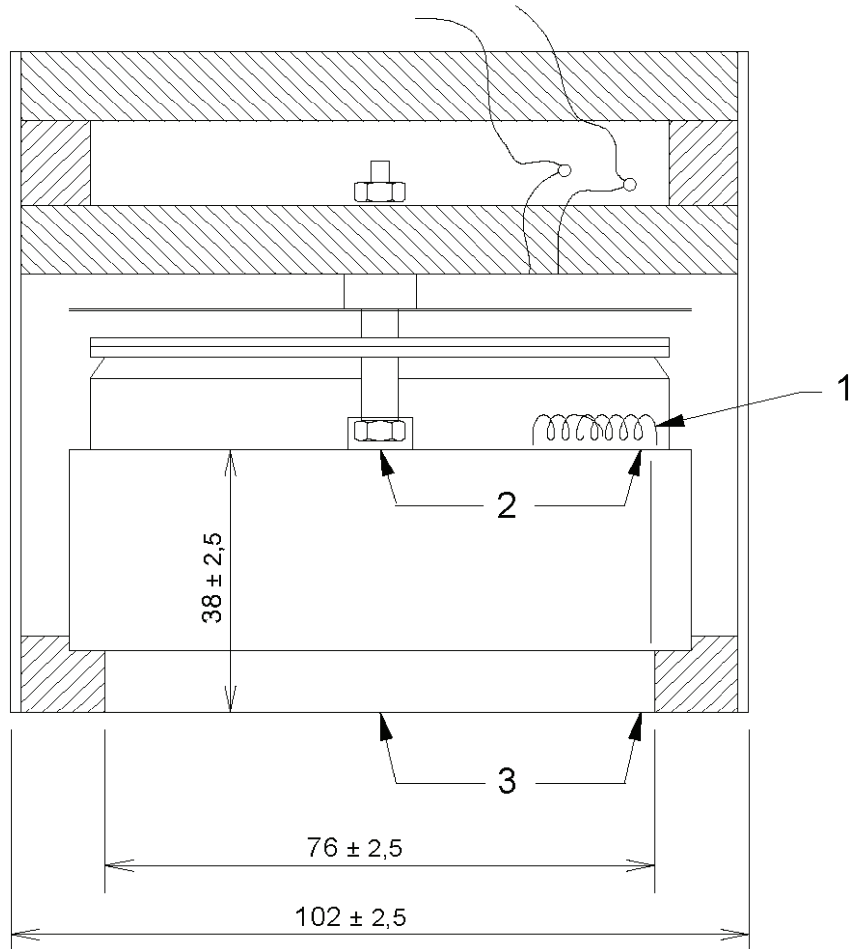


**Legende**

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1 Einlassöffnung                         | 7 Heizstrahler-Spannungsregler       |
| 2 Manometer zur Messung des Kammerdrucks | 8 Durchflussmesser (Luft und Propan) |
| 3 Auslassöffnungssteuerung               | 9 Bandschreiber                      |
| 4 Positionierer des Prüflings            | 10 Spannungsmessgerät                |
| 5 Temperaturmessgerät an der Rückwand    | 11 Photovervielfacher                |
| 6 Heizstrahler-Spannungsmessgerät        | 12 Photometer                        |

**Bild 1 — Typische Rauchdichteprüfkammer**

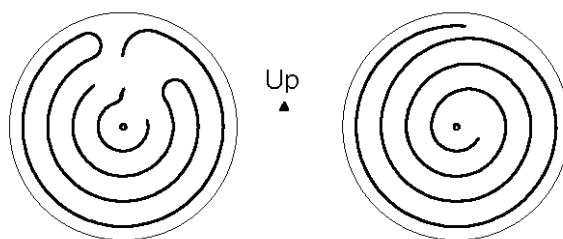
Maße in Millimeter



**Legende**

- 1 Heizspule des Heizgerätes
- 2 Vorderseite des Heizgerätes
- 3 Vorderseite Heizstrahler

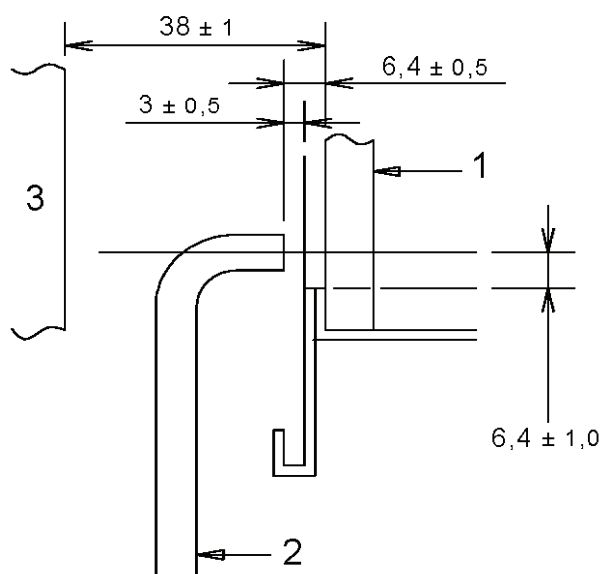
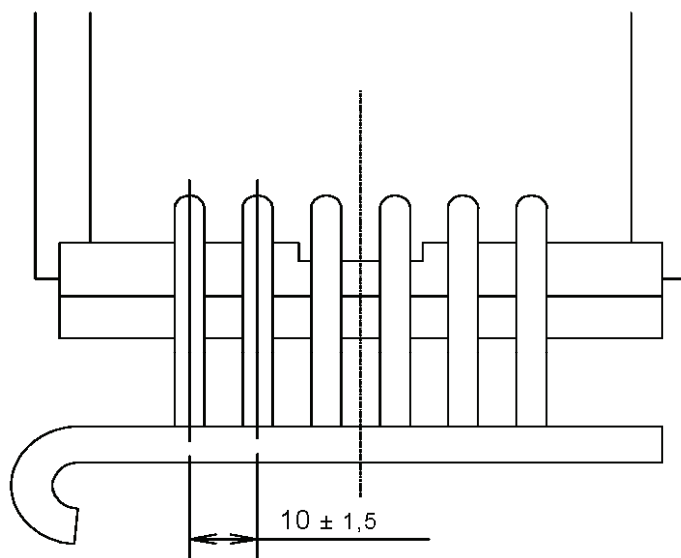
**Bild 2 — Schnitt durch einen Heizstrahler**



Text im Bild:

up – nach oben

**Bild 3 — Ausrichtung des Heizgerätes**

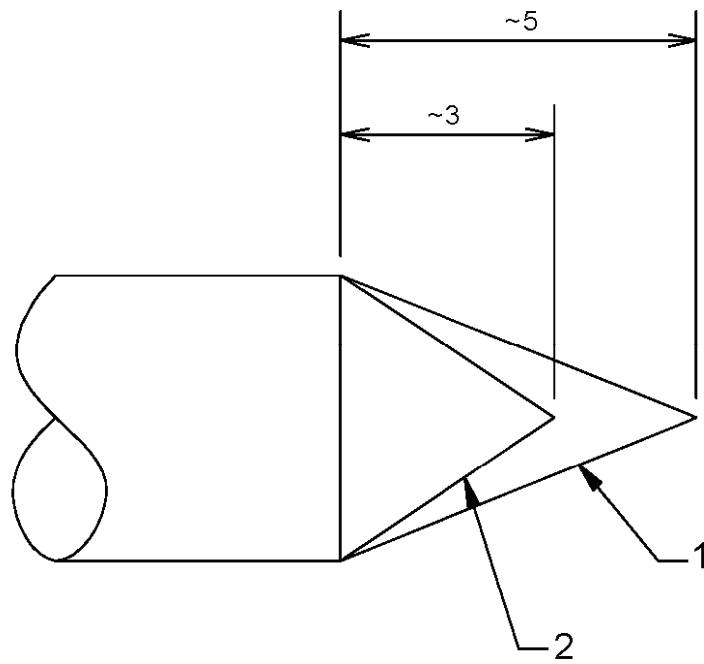


**Legende**

- 1 Prüfling
- 2 Brenner
- 3 Vorderseite Heizstrahler

**Bild 4 — Ausrichtung von Probekörperhalter und Brenner**

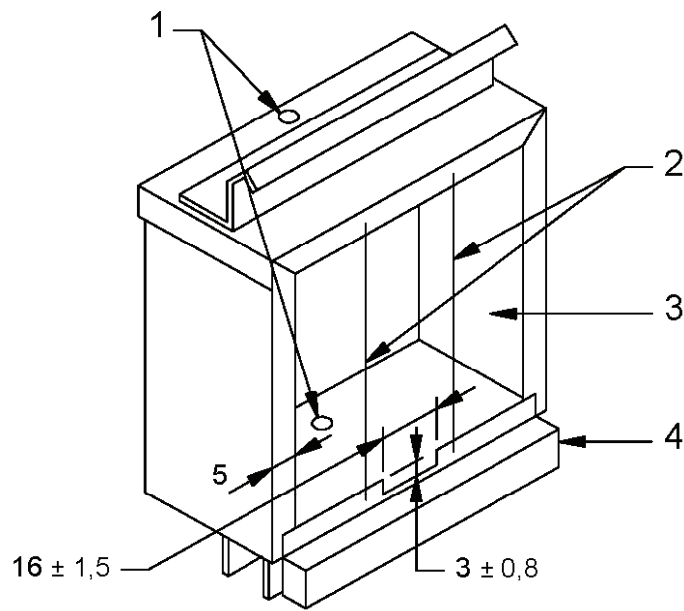
Maße in Millimeter



**Legende**

- 1 Außenkegel
- 2 Innenkegel

**Bild 5 — Flammengröße**



Probekörperhalter



Schnitt

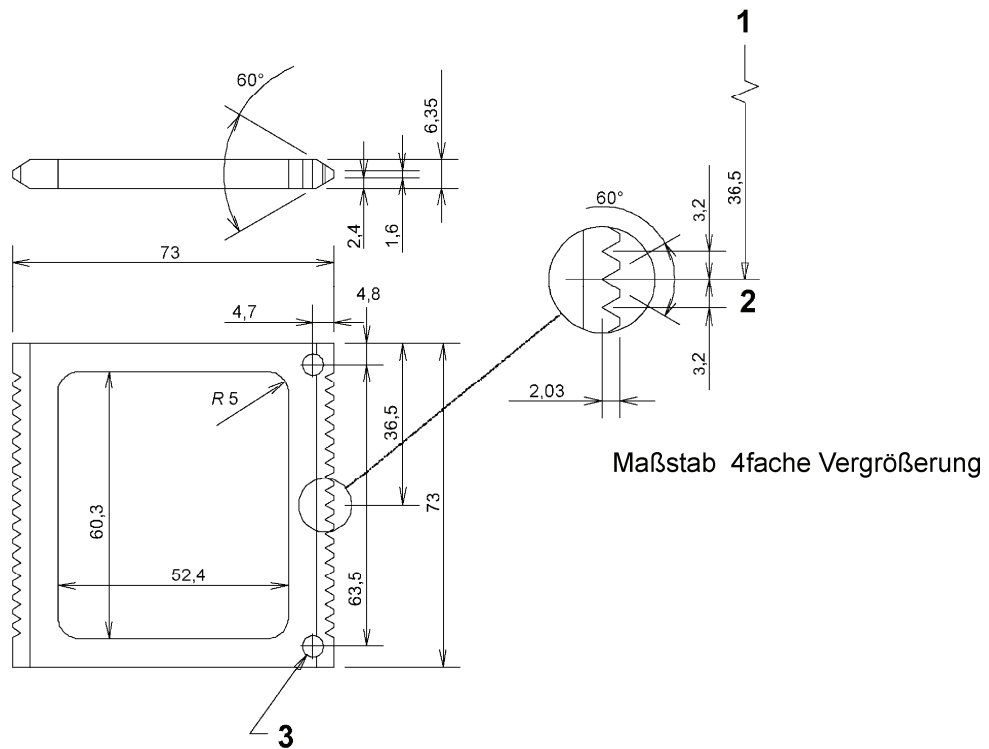
**Legende**

- 1 3,2 mm Bohrung für Sicherungstift
- 2  $0,5 \pm 1,2$  nicht rostender Stahldraht, in gleichmäßigen Abständen angeordnet
- 3 Öffnung an der Vorderseite  $65 \times 65 \pm 1,5$
- 4 Auffangtrog
- 5 Feder aus Metall  $76 \times 75 \times 0,25$

**Bild 6 — Einzelheiten des Probekörperhalters**



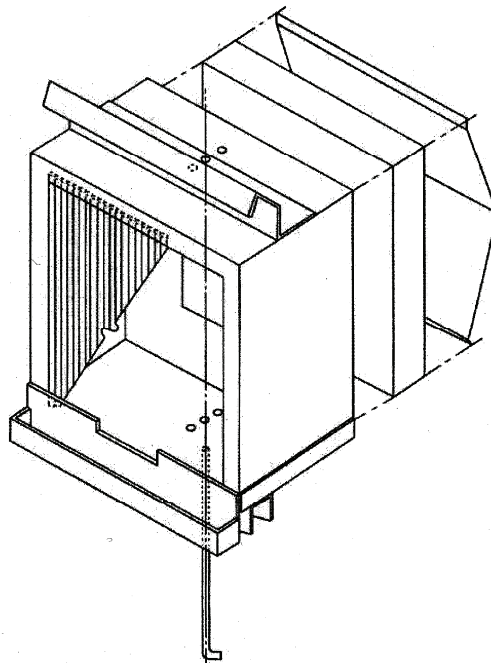
Maße in Millimeter



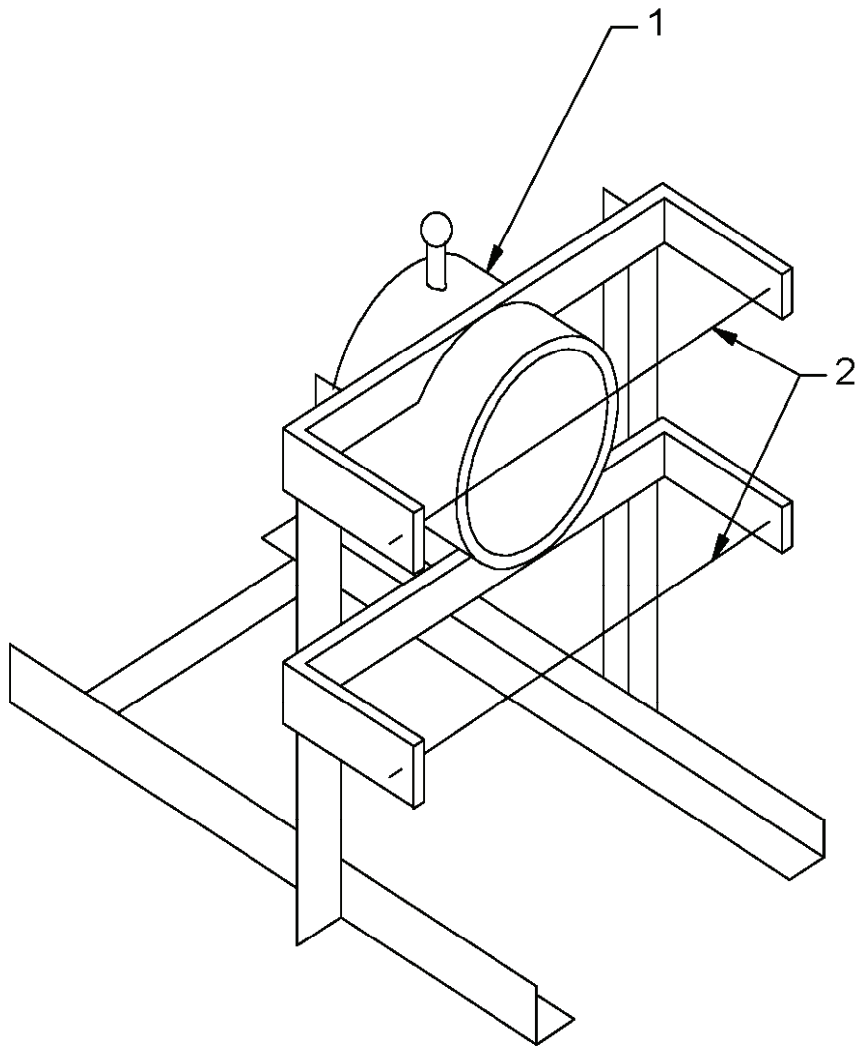
**Legende**

- 1 Abbildungsverweis
- 2 Gewöhnlich 19 Aussparungen
- 3 Durchmesser, 476-Bohrung – 2 Stellen

**Bild 7A — Halterahmen aus Draht für Draht/Leitung mit einem Außendurchmesser  $\geq 3,3$  mm**



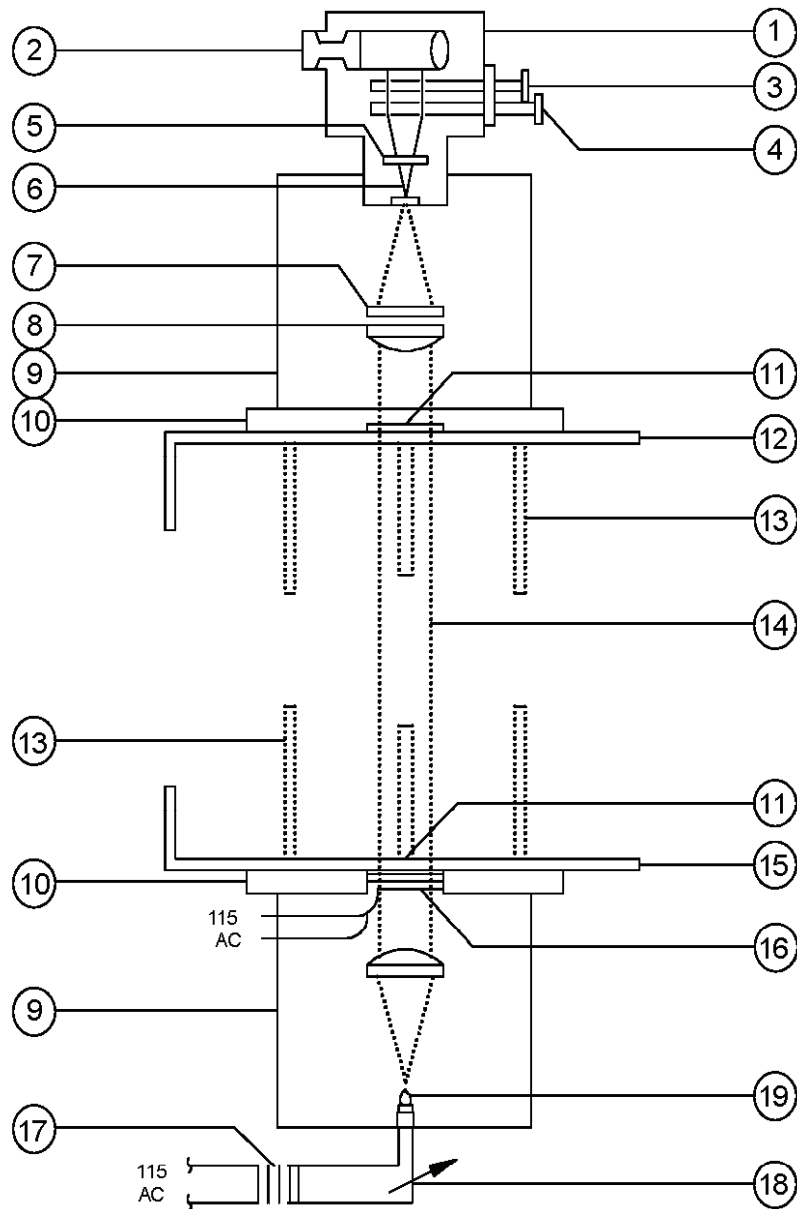
**Bild 7B — Drahthalterung für Draht/Leitung mit einem Außendurchmesser  $< 3,3$  mm**



**Legende**

- 1 Einbauring für Heizstrahler
- 2 Stangen zum Stützen des Probekörperhalters

**Bild 8 — Typisches Stützgestell für Heizstrahler**

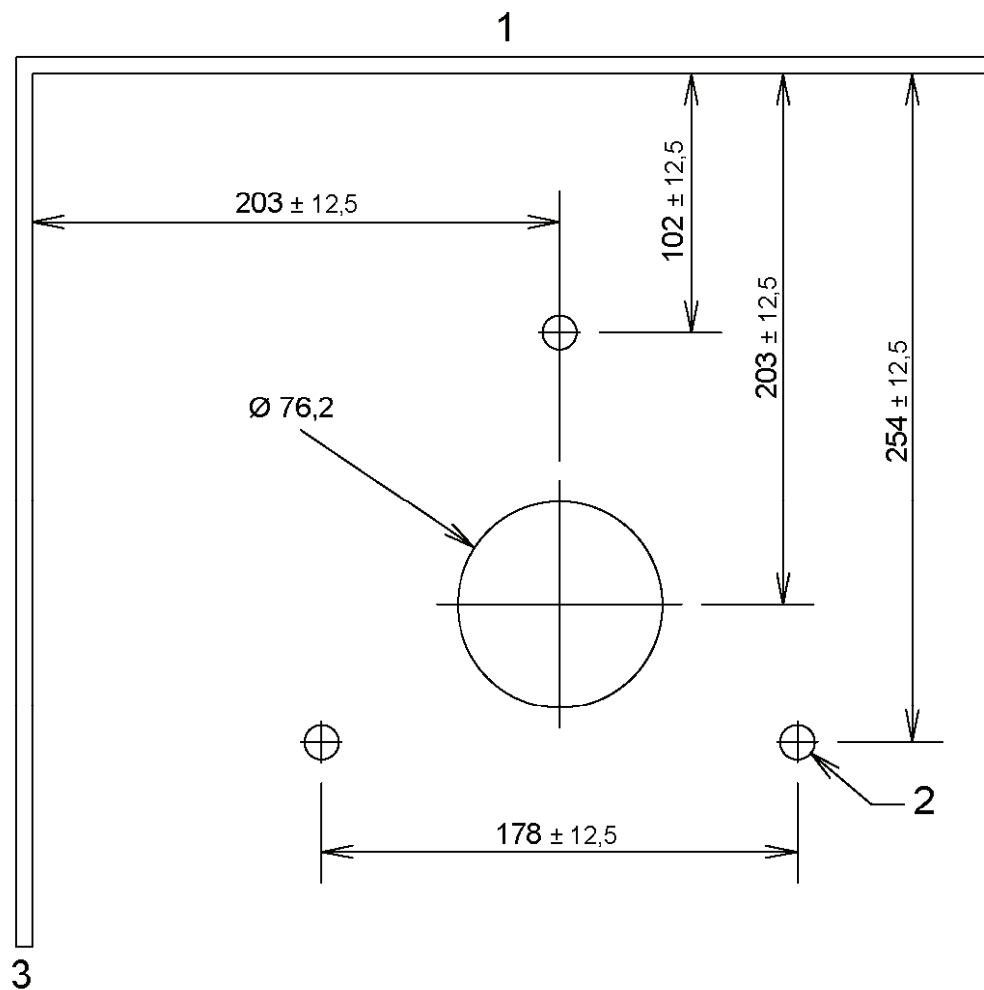


Text im Bild:  
AC – Wechselspannung

### Legende

- |   |   |    |   |
|---|---|----|---|
| 1 | Photovervielfachergehäuse   | 10 | Objekttische des optischen Systems (2)                    |
| 2 | Photovervielfacherröhre und -sockel   | 11 | Optische Fenster (2)                                      |
| 3 | Obere Verschlusslamelle mit HO <sub>2</sub> -Filter über einer Blendenöffnung | 12 | Kammerdecke   |
| 4 | Untere Verschlusslamelle mit einzelner Blendenöffnung                         | 13 | Stangen zum Justieren (3)                                 |
| 5 | Opaler Streuscheibenfilter  | 14 | Paralleler Lichtstrahl, Durchmesser 1,5 Zoll (38 mm)      |
| 6 | Aperturblende   | 15 | Kammerboden   |
| 7 | Neutralfilterausgleich aus einem Satz von 8                                   | 16 | Heizung des optischen Fensters, Quarzglasfaser 50 W/115 V |
| 8 | Linse, 7 Dioptrien (2)  | 17 | Regeltransformator der Lichtquelle 115 V/125 V – 6 V      |
| 9 | Gehäuse des optischen Systems (2)   | 18 | Regelwiderstand. Lichtquelle, eingestellt auf 4 V         |
|   |   | 19 | Lichtquelle   |

**Bild 9 — Einzelheiten des Photometers**



**Legende**

- 1 Rückseite der Kammer
- 2 Metallstangen,  $\varnothing 12,5$
- 3 Seite der Kammer

**Bild 10 — Position des Photometers**

ICS 49.060

English Version

## Aerospace series - Cables, electrical, aircraft use - Test methods - Part 601: Smoke density

Série aérospatiale - Câbles électriques à usage  
aéronautique - Méthodes d'essais - Partie 601: Densité de  
fumée

Luft- und Raumfahrt - Elektrische Leitungen für  
Luftfahrzeuge - Prüfverfahren - Teil 601: Rauchdichte

This European Standard was approved by CEN on 21 June 2007.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



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

**Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels**

## Contents

Page

Foreword.....	3
1 Scope .....	4
2 Terms and definitions .....	4
3 Principle of method .....	5
4 Test apparatus .....	5
5 Test specimens .....	9
6 Conditioning.....	10
7 Check and maintenance of the test apparatus.....	10
8 Test performance.....	13
9 Calculation.....	14
10 Requirements .....	15
11 Report .....	15

## Foreword

This document (EN 3475-601:2007) has been prepared by the Aerospace and Defence Industries Association of Europe - Standardization (ASD-STAN).

After enquiries and votes carried out in accordance with the rules of this Association, this Standard has received the approval of the National Associations and the Official Services of the member countries of ASD, prior to its presentation to CEN.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by February 2008, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by February 2008.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. CEN [and/or CENELEC] shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Bulgaria, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom.

## 1 Scope

This test method is intended for determination of the specific optical density of smoke generated by electrical wire/cable insulation materials due to pyrolytic decomposition under the influence of radiant heat only or with simultaneous flame application.

It is used for evaluation of insulation materials of electrical wire/cable used in the interiors of aerospace vehicles but may be utilized in other applications as specified in applicable procurement documents.

This standard should be used to measure and describe the properties of products in response to heat and flame under controlled laboratory conditions and should not be used to describe or appraise the fire hazard or fire risk of materials, products, or assemblies under actual fire conditions. However results of this test may be used as elements of a fire risk assessment which takes into account all of the factors which are pertinent to an assessment of the fire hazard of a particular end use.

## 2 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

- 2.1**  
 **$D_s$**   
Specific Optical Density, is a dimensionless measure of the amount of smoke produced per unit area by a material when it is burned
- 2.2**  
 **$D_m$**   
maximum value of  $D_s$ , that occurs during the specified time of a test
- 2.3**  
**F-mode**  
Flaming mode, the pyrolytic decomposition of the specimen under the influence of radiant heat and with simultaneous flame application
- 2.4**  
**NF-mode**  
Non Flaming mode, the pyrolytic decomposition of the specimen under the influence of radiant heat only
- 2.5**  
**T**  
percent light transmission
- 2.6**  
 **$T_t$**   
percent light transmission at the time t
- 2.7**  
 **$T_m$**   
minimum percent light transmission
- 2.8**  
 **$t_{Dm}$**   
time of the test in seconds at which the maximum optical smoke density occurs



### 3 Principle of method

The specimens are vertically arranged in a closed test chamber and subjected to decomposition by radiant heat only or with flame application. The smoke density is measured by means of the reduction of light transmission as smoke accumulates and expressed in terms of specific optical density which is derived from a geometric factor and the measured light obscuration.

## 4 Test apparatus

### 4.1 Test chamber

The test chamber shall be a square-cornered box with inside dimensions of  $(914 \pm 3)$  mm width,  $(610 \pm 3)$  mm depth, and  $(914 \pm 3)$  mm height. A typical test chamber is shown in Figure 1. The locations of size of items such as the chamber door, chamber controls, flowmeters, etc., is optional except as mandated in the following sections.

The interior surfaces (except for the chamber door, vents, etc.) shall be porcelain-enameled metal, or equivalent coated metal that is resistant to chemical attack and corrosion, and suitable for periodic cleaning.

Commercially available panels of porcelain-enameled steel (interior surface) permanently laminated to a magnesia-insulation core and backed with galvanized steel (exterior surface) have been found acceptable.

The chamber shall be equipped with a door such as indicated in Figure 1 to provide convenient access for changing test specimens, and for cleaning the chamber walls as required. The door shall have a viewing window to observe the chamber interior during a test, especially when any of the flamelets extinguish. The door shall have a seal so that when it is closed during tests, there will be no leakage of chamber contents. A small positive pressure can be developed and maintained inside the test chamber.

An inlet-outlet vent for pressure equalization shall be provided. The vent shall have a seal so that when it is closed during tests, there will be no leakage of chamber contents and a small positive pressure can be developed and maintained inside the test chamber.

To avoid an excessive increase of pressure in the chamber during testing an airtight safety disc is required, e.g. a sheet of aluminium foil of thickness not greater than 0,04 mm and a minimum area of 800 cm<sup>2</sup> shall be provided in an opening of the chamber floor.

### 4.2 Manometer

A device such as a manometer or pressure transducer shall be provided to monitor chamber pressure and leakage. The device shall have a range up to 15 hPa, and be connected to a suitable port in the test chamber wall.

### 4.3 Pressure regulator

A pressure regulator shall be provided that consists of an open water-filled bottle and a piece of tubing, not to exceed 3 050 mm in length, that has an inside diameter of at least 25 mm. One end of the tubing shall be connected to a port on the top or within 152 mm from the ceiling of the chamber; the other end of the tubing shall be held in position 102 mm below the water surface.

### 4.4 Chamber wall thermocouple

The temperature of the test chamber wall shall be monitored by a thermocouple suitable for measuring a temperature of 35 °C. The thermocouple shall be mounted with its junction secured to the geometric centre of the inner rear wall panel of the chamber using an electrically insulating disk cover.

## **4.5 Electric power supply**

At least 650 W, single phase electric power shall be provided for the radiant heat furnace and accessories. Where line voltage fluctuations exceed 2,5 %, a constant voltage transformer shall be provided.

## **4.6 Radiant heat furnace**

### **4.6.1 General**

An electric furnace and associated controlling devices shall be provided that is capable of providing a constant thermal flux density of  $(25 \pm 0,5) \text{ kW/m}^2$  on the specimen surface.

### **4.6.2 Furnace construction**

The dimensions of the electric furnace are shown in Figure 2. The furnace shall be located centrally along the long axis of the chamber with the opening facing toward and approximately 305 mm from the right wall. The centerline of the furnace shall be approximately 197 mm above the chamber floor.

### **4.6.3 Heating element**

The heating element shall consist of a coiled wire capable of dissipating about 525 W. With the furnace installed, the heating element shall be positioned as shown in Figure 3.

### **4.6.4 Furnace control system**

The furnace control system shall be capable to hold the settings of voltage and current which is measured by the radiant heat output at the required level of  $(25 \pm 0,5) \text{ kW/m}^2$  under steady-state conditions with the chamber door closed for at least 20 min.

The control system shall consist of an AC solid state voltage or power controller and a voltmeter or other means for monitoring the electrical input.

It is recommended to use a digital voltmeter to monitor the furnace voltage output and a digital ampere-meter to monitor the furnace current.

### **4.6.5 Heat flux density gauge**

An air-cooled heat flux density gauge shall be provided for calibrating the output of the radiant heat furnace. The heat flux density gauge shall be a circular foil type.

Compressed air at a pressure of 0,10 MPa to 0,21 MPa shall be provided to cool the heat flux density gauge. The body temperature of the heat flux density gauge shall be monitored with a thermometer having an accuracy of 1 °C at 93 °C in a 12,5 mm by 12,5 mm by 38 mm long brass or copper well drilled to accept the thermometer with a close fit. Silicone grease shall be used to provide good thermal contact. The circular receiving surface of the heat flux density gauge shall be spray-coated with an infrared-absorbing black paint.

A voltmeter or other device which has a resolution of 0,01 mV and an accuracy of 0,3 % is required to monitor the heat flux density gauge output.

## 4.7 Pilot burner system

### 4.7.1 Pilot burner

The pilot burner shall be a straight tip burner with six tubes, as shown in Figure 4. The six tubes shall be fabricated from stainless steel tubing having an outer diameter of 3,2 mm and a inner diameter of  $(1,4 \pm 0,025)$  mm. The six tubes shall be attached to a common manifold, as shown in Figure 4 fabricated from stainless steel tubing having an outer diameter of 6,4 mm and a wall thickness of 0,9 mm. One end of the manifold shall be closed, and the other end of the manifold be attached to a gas supply fitting in the chamber floor.

All tubes of the pilot burner shall be directed perpendicular to the exposed surface of the specimen.

### 4.7.2 Pilot burner position

The pilot burner shall be centred in front of and parallel to the specimen holder. The tips of the tubes shall be placed  $(6,4 \pm 1)$  mm above the lower opening of the specimen holder and  $(6,4 \pm 0,5)$  mm away from the face of the specimen surface, see Figure 4.

A fixture to accurately position the pilot burner is recommended to establish a precise pilot burner position for testing, and to facilitate accurate repositioning of pilot burner after removal and replacement.

### 4.7.3 Burner fuel

The gas fuel for the pilot burner shall be prepared by mixing filtered oil-free air with 95 % minimum purity propane, and feeding the mixture to the pilot burner. Each gas shall be metered through separate, calibrated flowmeters and needle valves. The air-propane mixture shall consist of an air flow rate equivalent to  $(500 \pm 20)$  cm<sup>3</sup>/min (referred to 23 °C and 1 013 hPa), and a propane flow rate equivalent to  $(50 \pm 3)$  cm<sup>3</sup>/min (referred to 23 °C and 1 013 hPa). The compressed air supply shall be fed to its flowmeter at  $(0,14 \pm 0,03)$  MPa, and the propane at  $(0,10 \pm 0,02)$  MPa.

A backflow valve or a flame arrester should be provided in the lines where air and propane are mixed.

### 4.7.4 Igniter System

An igniter system is recommended to relight the pilot burner flamlets to ensure that none of them extinguishes for more than 3 s during the test.

If an electric sparking device is used, an appropriate method of suppression and an equipment shielding must be applied to have no interference with ability of data acquisition equipment to accurately record data.

## 4.8 Specimen holder

### 4.8.1 General

The specimen holder shall consist of a stainless steel frame, a wire holder frame, a backing made of insulation millboard and a spring and retaining rod to secure the specimen in place.

### 4.8.2 Specimen holder frame

The specimen holder frame shall be fabricated of stainless steel sheet by bending and brazing (or spot welding) stainless steel sheet of  $(0,60 \pm 0,05)$  mm nominal thickness to conform in shape and dimension to Figure 6. The frame shall be at least 51 mm deep, and shall provide an exposed specimen surface that is nominally  $(65 \pm 1,5)$  mm by  $(65 \pm 1,5)$  mm.

A trough to catch and retain dripping material shall be attached to the bottom front of the holder

Guides to permit accurate centering of the exposed specimen area in front of the furnace opening shall be attached to the top and bottom of the holder frame.

### **4.8.3 Wire holder frame**

Holder frame is used to support the specimens. Construction details of the frame are shown in Figures 7A and 7B. The frame is applicable for wires with an outer diameter up to 3,3 mm.

### **4.8.4 Specimen backing**

A piece of insulation millboard shall be used as a backing for the specimen and as a simulated blank specimen. The millboard shall be  $(13 \pm 1)$  mm thick with a density of  $(800 \pm 160)$  kg/m<sup>3</sup>, or equivalent. Pieces shall be cut  $(74 \pm 1)$  mm by  $(74 \pm 1)$  mm to fit inside the specimen holder.

### **4.8.5 Retaining spring**

A spring from 76 mm by 75 mm by 0,25 mm thick stainless steel sheet, shown in Figure 6, shall be used with a stainless steel retaining rod to securely hold the specimen and millboard backing in position during testing.

## **4.9 Support for radiant heat furnace and specimen holder**

A typical support frame to support the radiant heat furnace and specimen holder is shown in Figure 9. This support frame shall have provision to establish accurate alignment for the furnace opening so that it is  $(38 \pm 1)$  mm away from, parallel to, and centered with the exposed specimen surface. Adjustment screws shall be provided to align the furnace with reference to the specimen.

The framework shall have two 10 mm diameter transverse rods of stainless steel to accept the guides of the specimen holder. The rods shall support the holder so that the exposed specimen surface is parallel to the furnace opening. Spacing stops shall be mounted at both ends of each rod to permit rapid and accurate lateral positioning of the specimen holder. An externally operated control rod shall be provided to replace the test specimen with the blank specimen holder in front of the furnace.

## **4.10 Photometric system**

### **4.10.1 General**

A photometric system capable of detecting light transmittance values of 1,0 % minimum to an accuracy of 0,03 % shall be provided. The system shall consist of a light source and photomultiplier tube that are oriented vertically to reduce measurement variations due to stratification of the smoke in the chamber during the test, a photomultiplier microphotometer that converts the photomultiplier tube output either to relative intensity and/or to optical density, and a strip chart recorder or other suitable means is necessary to record light transmission versus time. A typical system is shown in Figure 8.

### **4.10.2 Light source**

The light source shall be an incandescent lamp mounted in a sealed, light-tight box below the chamber floor. An adjustable constant-voltage transformer shall be set at a level that the operating light brightness temperature is  $(2\ 200 \pm 100)$  K. The box shall contain the necessary optics to produce a collimated light beam  $(38 \pm 3)$  mm in diameter, passing vertically up through the chamber. The light source and its optics shall be isolated from the chamber atmosphere by a glass window that is mounted flush with the chamber bottom panel, and sealed to prevent leakage of chamber contents. To minimize smoke condensation, the window shall be provided with a ring-type electric heater mounted in the light-tight box, out of the light path, that maintains a minimum window temperature of 52 °C on the surface of the window inside the chamber.

#### 4.10.3 Photomultiplier tube

The photo multiplier tube shall have an S-4 linear spectral response and a dark current less than  $10^{-9}$  A.

The photo multiplier tube and associated optics shall be mounted in a second light-tight box that is located above the chamber ceiling directly opposite the light source. The photo multiplier tube and its optics shall be isolated from the chamber atmosphere by a glass window that is mounted flush with the chamber ceiling panel, and permits a viewing cross section of  $(38 \pm 3)$  mm. The window shall be sealed to prevent leakage of chamber contents.

#### 4.10.4 Microphotometer

The photometer used with its instrument shall have an accuracy of  $\pm 3$  % of the maximum reading on any range. It involves a spectral band quite similar to that corresponding to the human vision. The micro photometer shall be capable of converting the signal from the photo multiplier tube to a linearized relative intensity and/or to optical density. The micro photometer/-photo multiplier tube combination shall be sensitive enough that the micro photometer can be adjusted to produce a full-scale reading (100 % relative light intensity, or optical density = 1) using the photo multiplier tube's response (output) to the light source when a neutral colour optical filter of 0,5 or greater optical density is placed in the light path.

#### 4.10.5 Alignment fixture

The two optical windows and their housings shall be kept in alignment and spaced  $(914 \pm 3)$  mm apart with an alignment fixture consisting of three metal rods, 13-19 mm in diameter fastened securely to 8 mm thick externally mounted top and bottom plates and symmetrically arranged about the collimated light beam (see Figure 10).

#### 4.10.6 Optical filters

A set of nine neutral colour optical filters – 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, and 0.9 optical density – shall also be provided. The optical filters, one or more as required, may be mounted in the light path in the optical measuring system to compensate for the sensitivity of the photomultiplier tube. These filters may also be used to adjust the photometric system as the light source and/or photomultiplier tube change sensitivity through aging, and/or as discoloration of the optical windows occurs.

#### 4.10.7 Recorder

A recording device shall be furnished that provides a record of the percent light transmission and/or optical density versus time during the test. The record shall consist either of a continuous curve on a chart recorder or discrete values taken at least every 5 s when a computerized data acquisition system or a point by point chart recorder is used.

#### 4.11 Exhaust hood

An exhaust system for removing the chamber contents after each test may be connected to a suitable exhaust hood. Locating an exhaust hood directly above the smoke chamber door is recommended as an additional safety device.

### 5 Test specimens

#### 5.1 General

The specimens must be taken from the electrical wire or cable to be tested.

## **5.2 Number of specimens**

A minimum of four specimens shall be prepared and at least three shall be tested for each test mode (Flaming/Non-Flaming).

## **5.3 Specimen length**

The length of the electrical wire/cable used as a specimen depends on its size (outer diameter). For electrical wire/cable with an outer diameter up to 3,3 mm, one specimen should be of at least 3,1 m length. For electrical wire/cable with an outer diameter greater than 3,3 mm, the specimen length should be of at least 1,6 m.

## **5.4 Specimen preparation**

For specimens with an outer diameter up to 3,3 mm, insert one end of the wire through one of the holes of the wire holding frame and complete the wrap by inserting the finishing end of the wire through the unused hole and under the last turn to prevent unwinding.

All surface of the specimen, except the surface to be exposed for the test, shall be wrapped with aluminium foil prior to placing them in a specimen holder. Smooth aluminium foil that is  $(0,03 \pm 0,01)$  mm thick shall be used. The side of the foil with dull finish shall be placed next to the specimen.

After the specimen is placed in a specimen holder, any aluminium foil on the exposed specimen shall be removed from the bottom, and either removed or folded back on the other three sides (to avoid covering any of the exposed specimen surface area).

The specimen shall be placed in a holder, followed by an alumina-silica backing board, the spring plate, and the retaining rod, see Figure 6.

Place the prepared specimens into the conditioning chamber until they will be tested.

Specimens  $> 3,3$  mm should be cut to  $(73 \pm 2)$  mm in length and laid side by side, covering the entire opening in the front in the specimen holder that the test direction is vertically. This is readily accomplished by first covering the front of the fireproof millboard with aluminium foil and inserting it and the spring into the specimen holder. The specimens will be tested in a vertical orientation only. See Figure 7B.

## **6 Conditioning**

The specimens shall be conditioned to  $(23 \pm 2)$  °C and at  $(50 \pm 5)$  % relative humidity for 24 h minimum. Remove only one specimen at a time from the conditioning environment immediately before being tested.

## **7 Check and maintenance of the test apparatus**

### **7.1 Furnace protection**

Prepare a blank specimen consisting of 13 mm thick alumina-silica millboard mounted in a specimen holder. Maintain the blank specimen in front of the furnace when no testing or calibration is being conducted.

### **7.2 Periodic calibration procedure**

#### **7.2.1 Heat flux density gauge**

The heat flux density gauge shall be recalibrated by the manufacturer at least once a year.

## 7.2.2 Photometric system

### 7.2.2.1 General

The photometric system used in this test method is an inherently linear device. Check the system for proper photocell alignment. Verify, at least every two months, the linearity of the system using set of neutral optical density filters, or equivalent. If erratic behaviour is observed or suspected, check the system more frequently.

### 7.2.2.2 Alignment

Prepare an opaque template about 115 mm in diameter with a centered 51 mm diameter drawn circle. Attach the template with transparent tape to, and centered on, the upper optical window. With the optical system in its normal operation mode, observe the projected image on the template. A properly aligned beam will completely fill the 51 mm circle with some spill-over. Because of the filament, the pattern will not be a perfect circle. If the pattern is too large or too small, the lower lens will require adjustment.

Remove the cover from the light source enclosure. If the pattern is not centered, it will require repositioning of the light source or slight readjustment of the lens mount in its track. The lens position may be optimized by slight adjustment until the maximum photometer reading is obtained, whereupon it is locked. Replace the enclosure cover, making sure that all screws have been tightly seated.

Switch off the photometer and remove the cover from the roof-mounted optical enclosure. Remove the compensating filter holder from the lens mount and observe the converging beam of light. A properly focused and aligned beam will form a small intense spot at the disk aperture of the photomultiplier housing projecting into the roof of the enclosure. If the beam is misaligned or not properly focused, loosen the lens mount screws very slightly and carefully refocus. Tighten the screws and recheck the light spot.

Remount the compensating filter holder into the lens mount and replace the enclosure cover. All screws must be replaced to prevent light leaks.

### 7.2.2.3 Linearity check

The photometer used with its instrument should have an accuracy of  $\pm 3\%$  of the maximum reading on any range. It involves a spectral band quite similar to that corresponding to the human vision. This is defined by the operating condition of the lamp source and the spectral sensitivity of the photodetector.

Since no precise control is maintained over the size of this spectral band, it would be necessary, if accurate calibration were to be attempted, to make use of filters with constant transmission over a spectral band of at least 350 nm to 750 nm. Such filters are readily available. Because of this and the inherent linearity of a properly constructed photometer and measuring circuit, that the test method user attempt precise calibration of the instrument over its operating range. The following rough calibration procedure is, however, recommended as a means to ensure that no gross failure of the photometric measuring system has occurred.

Complete alignment as in 7.2.2.2.

With the photometer beam blocked, determine that the instrument shows zero transmission on all the normal ranges without removal of the range extension filter from the photometer head. Measure the transmission of a set of neutral optical density filters (range 0,1 to 0,9 nominal optical density), or equivalent, which has been previously calibrated in another smoke density photometer.

The two transmission measurements should agree within 5 % of the mean of the two measurements. Failing such agreement, investigate to determine the reason for the discrepancy.

## 7.2.3 Furnace

Use the approved heat flux density gauge to monitor the heat flux density produced by the furnace.

Remove the pilot burner from the chamber.

Place the heat flux density gauge on the horizontal rods of the furnace support framework and accurately position it in front of the furnace opening by sliding and displacing the blank specimen holder against the spacing stop.

With the chamber door closed and the inlet vent opened, adjust the compressed air supply to the heat flux density gauge cooler to maintain its body temperature at  $(93 \pm 3) ^\circ\text{C}$ .

Adjust the setting of the furnace control voltage or power controller to obtain the calibrated millivolt output (noted on inspection report of radiometer supplier or supplied with a recalibrated radiometer) of the heat flux density gauge corresponding to steady-state irradiance of  $(25 \pm 0,5) \text{ kW/m}^2$ .

After the irradiance has reached the required value and has remained steady-state for at least 5 min, remove the heat flux density gauge from the chamber and replace it with the blank specimen holder.

Record the setting of the furnace control voltage or power controller, and use this setting until a future calibration indicates it should be changed.

#### **7.2.4 Chamber leak test**

Test the smoke density chamber leak rate at least once a month, or more often if loss of chamber pressure is suspected, using the following procedure:

Place the heater switch in the OFF position. Close the inlet vent and the chamber door.

Pressurize (e.g. by bleeding in a small amount of air through the port used for the heat flux density gauge) the chamber to at least 8 hPa above ambient pressure indicated by the manometer.

Note the chamber pressure. Verify that the chamber pressure leakage rate is less than 5 hPa mm in 2 min.

#### **7.2.5 Total system**

Check the total system at least once a month by testing a material that has shown a consistent specimen-to-specimen  $D_m$  value in the range of 30 to 60, and that is and will continue to be readily available.

Maintain a record of the test results obtained; if erratic values are observed, identify and correct any instrumental or operational deficiencies.

### **7.3 Chamber cleaning**

#### **7.3.1 Optical system windows**

A thin sheet of transparent material may be placed over optical windows to protect them against corrosive components in the smoke.

Clean the exposed surfaces of the glass separating the photo detector and light source housings from the interior of the chamber after each test.

Clean the top window first, then the bottom window using a non-abrasive cloth dampened with a suitable cleaner. Ethyl alcohol, ethyl ketone, or equivalent has been found satisfactory.

Dry the window to prevent streaking or film build up. Do not use any cleaners that contain wax because wax will cause the smoke to absorb to the glass more quickly.

#### **7.3.2 Viewing window**

A thin sheet of transparent material may be placed over optical windows to protect them against corrosive components in the smoke.

Clean the viewing window periodically as required to allow viewing the chamber interior during testing. The same cleaners used in 7.3.1 have been found satisfactory.

#### **7.3.3 Chamber walls**

Clean the chamber walls periodically to prevent excessive build-up of smoke products. An ammoniated spray detergent and non-abrasive scouring pad have been found effective.



#### 7.3.4 Specimen holders

Remove any charred residues on the specimen holders and horizontal rods securing the holder position to prevent contamination of subsequent specimens.

#### 7.4 Adjustment of test chamber

Each day, prior to testing,

- calibrate the furnace output according to 7.2.3 to determine the correct furnace, voltage and current,
- balance the photomultiplier dark current, and set the clear beam reading to 100 % relative transmission.

### 8 Test performance

- Assure the chamber wall temperature is  $(35 \pm 2)$  °C.
- Assure the furnace voltage has been set correctly.
- Assure the current has the right level.
- Set the zero beam reading to 0 % relative transmission <sup>1)</sup>.
- Set the clear beam reading to 100 % relative transmission <sup>1)</sup>.

*When testing in flaming mode:*

- Position the pilot burner in front of and parallel to the specimen holder.
- Turn on the pilot burner fuel and light the flamelets on the pilot burner.
- Make sure all flamelets are ignited and properly adjusted. The visible parts of the pilot burner flamelets should be approximately 6 mm long with a luminous inner cone approximately 3 mm long, as shown in Figure 5. If the flamelets are not that approximate size, there is probably a difficulty with the air/propane fuel mixture and/or flow rate(s), in which case the accuracy of the flowmeters should be checked.

*When testing in Non Flaming mode:*

- Remove the pilot burner when installed.
- Remove a prepared test specimen from the conditioning chamber, open the test chamber door, and place the specimen holder on the support.
- For chambers with no external device to move the specimen holder in front of the furnace, immediately push the specimen holder into position in front of the furnace, displacing the blank specimen holder to the prepositioned stop, and simultaneously start the timer and recorder for light transmission. Close the chamber door and inlet vent.
- For chambers with an external device to move the specimen holder in front of the furnace, place the holder on the support, close the door, and then slide the sample into position and simultaneously start the timer and recorder for light transmission.
- Continue the test for a minimum of 4 or 16 minutes (depends of the requirement). Do not perform any analysis of the chamber contents, such as gas sampling, during the time of testing.
- Record the percent light transmission and/or optical density versus time during the test.
- Monitor the chamber pressure during the test. If negative pressure (below ambient atmospheric) develops, open the inlet valve slightly to relieve pressure.

---

1) As far as a computerized data acquisition system is used with the test chamber, it is necessary to let the system read the output signal at this time

- Monitor the pilot burner flamelets during test. Note and record whether one of the flamelets extinguishes and remains continuously extinguished for more than 3 s. If such extinguishing occurs, the test results from that specimen are not valid, and the test may be terminated and another test started with a new test specimen.
- At the termination of the test, remove the test specimen holder from its position in front of the furnace and replace it with the blank specimen holder, using the exterior control rod.
- Begin exhausting the chamber of smoke within 1 min by opening the inlet-outlet vent and exhaust vent, if used.
- Continue to exhaust the chamber until all smoke has been removed.
- Open the chamber door and remove the test specimen.
- Clean the windows to the housings for the photo multiplier tube and the light source.
- Repeat all steps for the next test run.

## **9 Calculation**

Calculate and record the specific optical smoke density,  $D_s$ , during the period of test, given in the test specification, for each specimen according to the formula:

$$D_s = \frac{V}{L \times A} \text{Log}_{10} \frac{100}{T_t}$$

where:

- V = chamber volume = 0,510 m<sup>3</sup>
- L = light path length = 0,914 m
- A = exposed specimen area = 0,004 24 m<sup>2</sup>
- $T_t$  = percent light transmission at the time t in minutes
- $\text{Log}_{10} (100/T_t)$  = optical density at the time t

so that

$$D_s = 132 \times \text{Log}_{10} \frac{100}{T_t}$$

Using the same formula calculate and record the maximum specific optical smoke density,  $D_m$ , during the period of test, given in the test specification, for each specimen as follows:

$$D_m = 132 \times \text{Log}_{10} \frac{100}{T_m}$$

where:

- $T_m$  = minimum percent light transmission within the duration of
- $\text{Log}_{10} (100/T_m)$  = maximum optical density test defined in the test specification

Calculate and record the average  $D_m$  value and its standard deviation for all the specimens tested. Use the actual  $D_m$  values for this average; do not use the average light transmission value to determine the average  $D_m$  value.

If a material was tested in both the Flaming and Non-flaming mode, calculate and report the two different average  $D_m$  values and its standard deviations using the corresponding  $D_m$  values.

## 10 Requirements

At least 8 specimens should be provided for each test. Unless other specified in the product standard the electrical wire/cable must be the same size as used in the aircraft. A minimum of 3 specimens for each test mode (flaming and non-flaming condition) should be tested.

The specific optical smoke density shall not exceed thin flaming and non-flaming mode the values as listed in Table 1:

**Table 1 — Requirements for wire/cable**

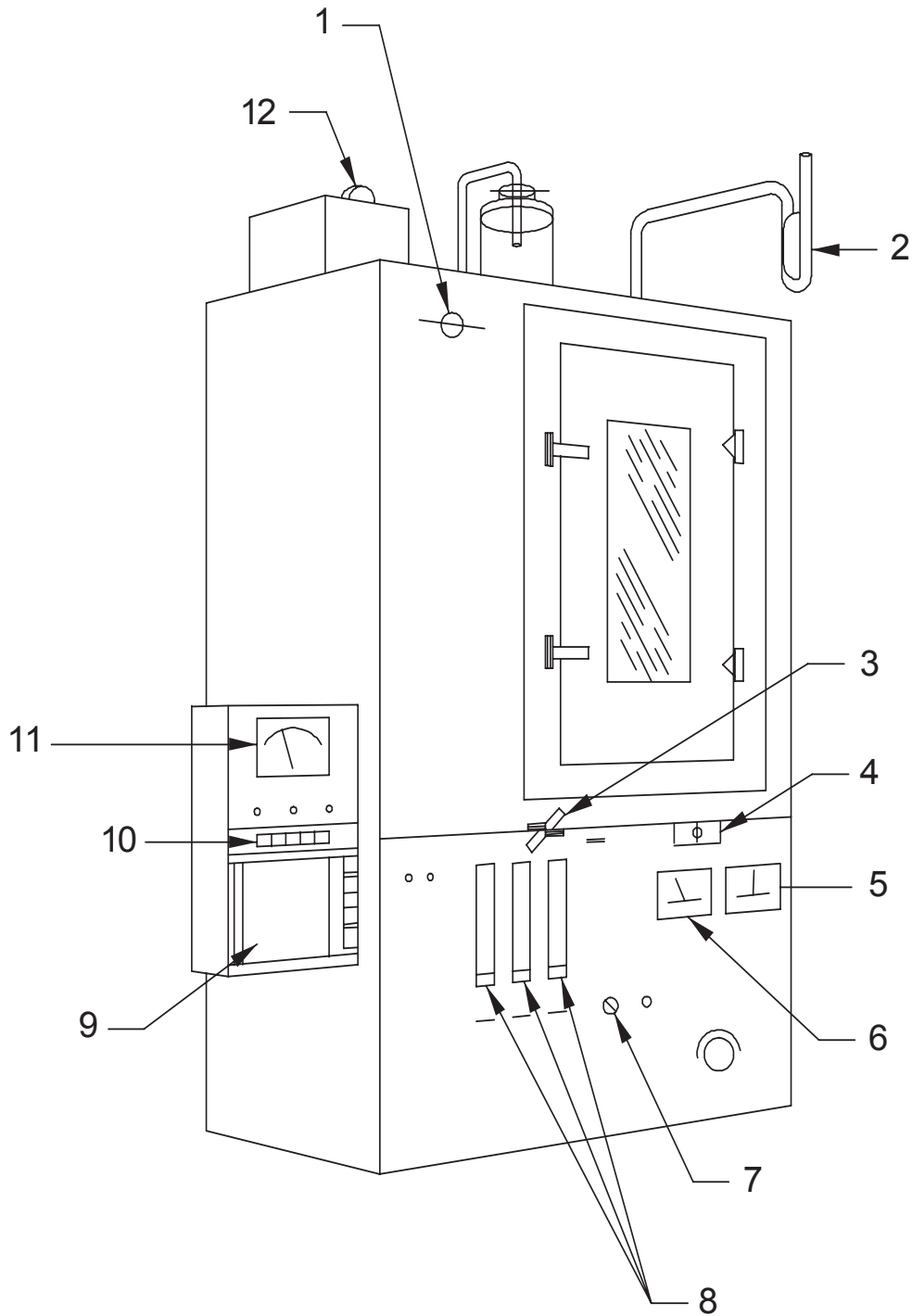
	$\varnothing \leq 3,3 \text{ mm}$		$\varnothing > 3,3 \text{ mm}$	
Requirement	Data transmission/ coaxial cable <sup>a</sup>	General purpose <sup>b</sup>	Data transmission/ coaxial cable <sup>a</sup>	General purpose <sup>b</sup>
		4 minutes $D_m 200$	16 minutes $D_m 20$	4 minutes $D_m 200$
<sup>a</sup> If not otherwise specified in product standard. <sup>b</sup> AWG 20 to be tested only.				

## 11 Report

The test report shall include the following data:

- Complete description of the specimen material and specimen construction (material designation, manufacturer's identification, manufacturing number, construction, specimen thickness, density, etc.).
- Manufacturer/supplier and order number.
- Statement of conformity given by the quality assurance of specimen manufacturer.
- Test method.
- Specimen orientation (if applicable).
- Time of test duration.
- The calculated maximum specific optical smoke density within the specified time of test,  $D_m$ , and the time  $t_{D_m}$  in seconds at which  $D_m$  has been reached for every specimen tested. Indicate the corresponding test mode.
- Average  $D_m$  value(s) and its relative standard deviation(s) for each test mode. Indicate the corresponding test mode.
- Observations concerning pilot burner extinguishment (if applicable) and smoke generation, such as colour of the smoke, nature of soot deposits, etc., and about melting, sagging, or other behaviour that affected the exposed surface area or mode of burning occurred, and the time in seconds at which such behaviour occurred.
- Changes in test procedure required by the test specification.
- Name and address of the test laboratory/organization.
- Date of testing.
- Operator's name and signature of the responsible engineer.

The report shall also include data sheets giving the percent light transmission,  $T$ , or the specific optical smoke density,  $D_s$ , as a function of time graphically for every specimen tested.

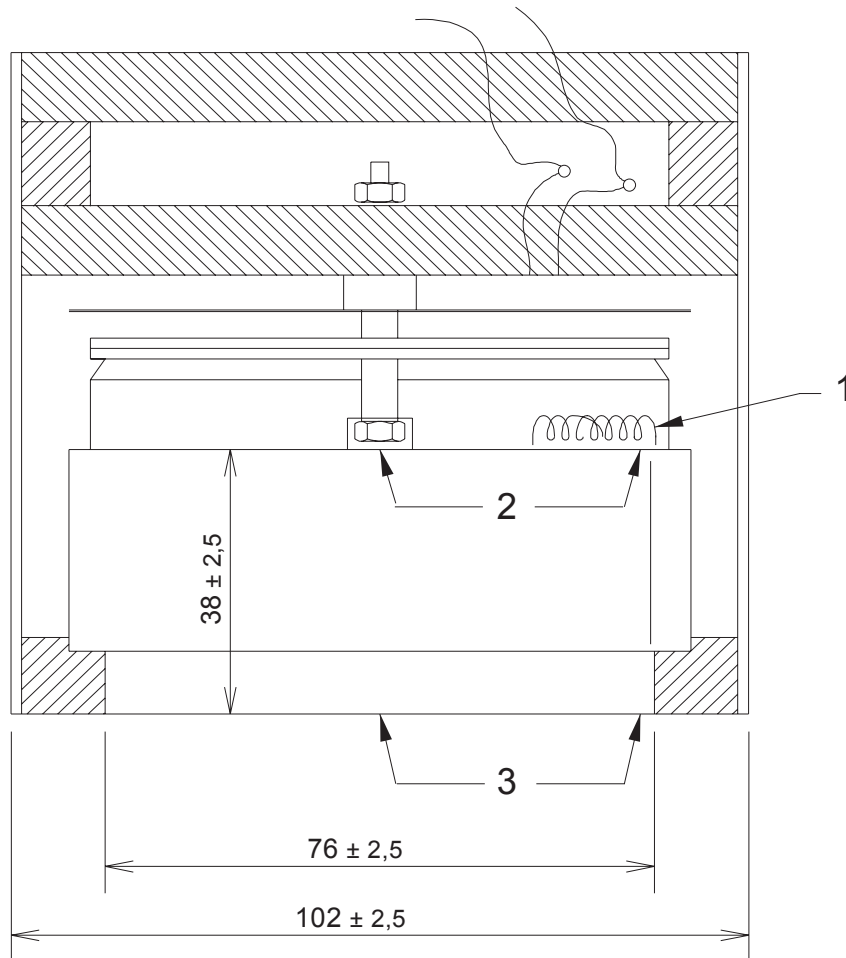


**Key**

- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1 Inlet vent                 | 7 Furnace voltage controller   |
| 2 Chamber pressure manometer | 8 Flowmeters (air and propane) |
| 3 Exhaust vent control       | 9 Strip chart recorder         |
| 4 Specimen positioner        | 10 Voltmeter                   |
| 5 Backwall temperature meter | 11 Photomultiplier - meter     |
| 6 Furnace voltage meter      | 12 Photometer                  |

**Figure 1 — Typical smoke density chamber**

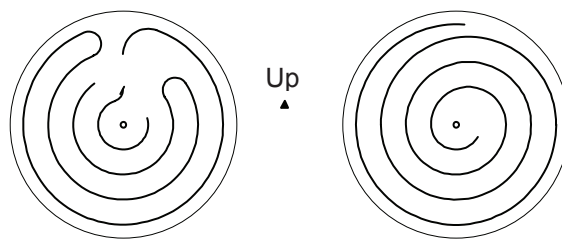
Dimensions in millimetres



**Key**

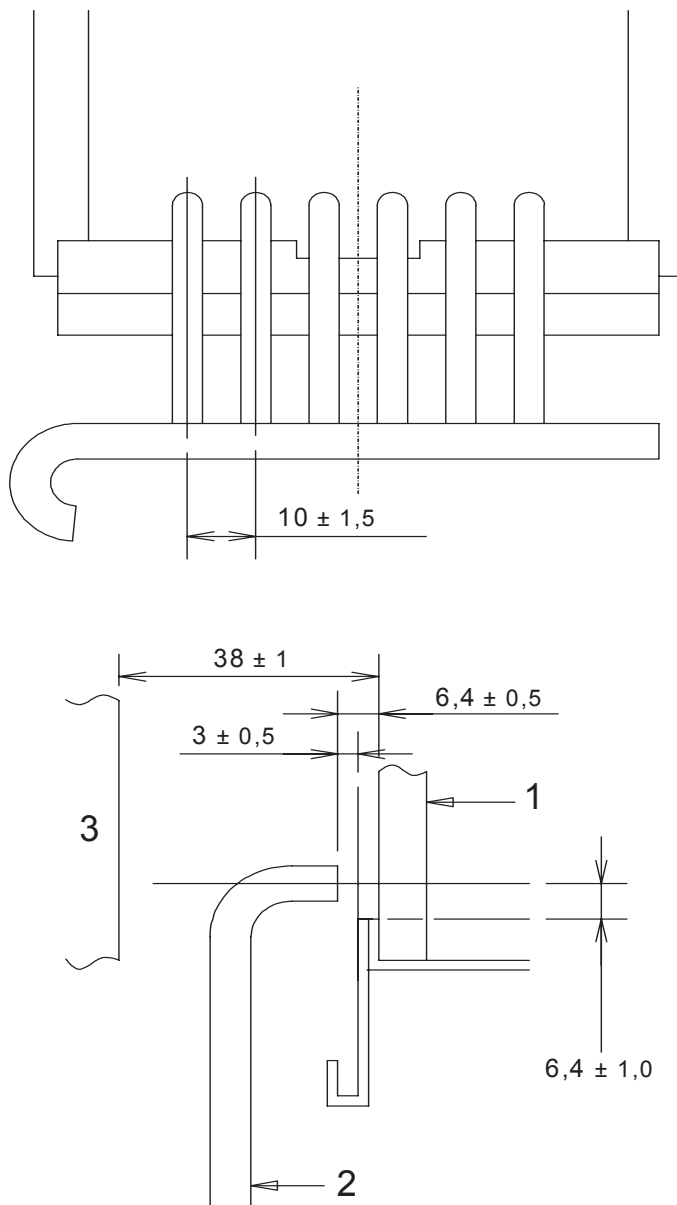
- 1 Heater coil
- 2 Heater face
- 3 Furnace face

**Figure 2 — Furnace section**



**Figure 3 — Heater orientation**

Dimensions in millimetres

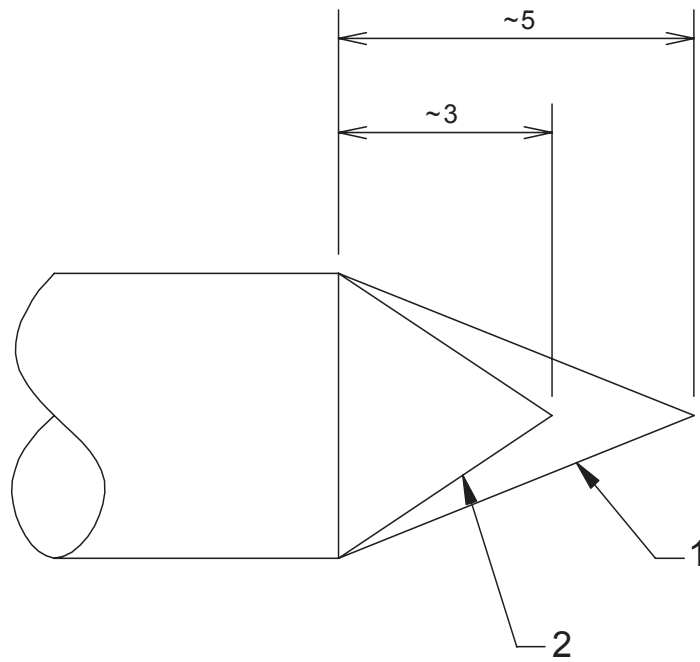


**Key**

- 1 Specimen
- 2 Burner
- 3 Furnance face

**Figure 4 — Alignment of holder and burner**

Dimensions in millimetres

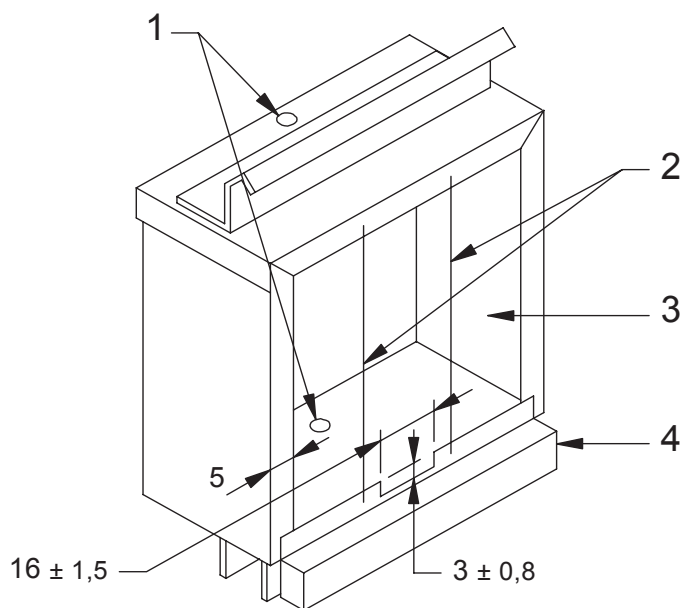


**Key**

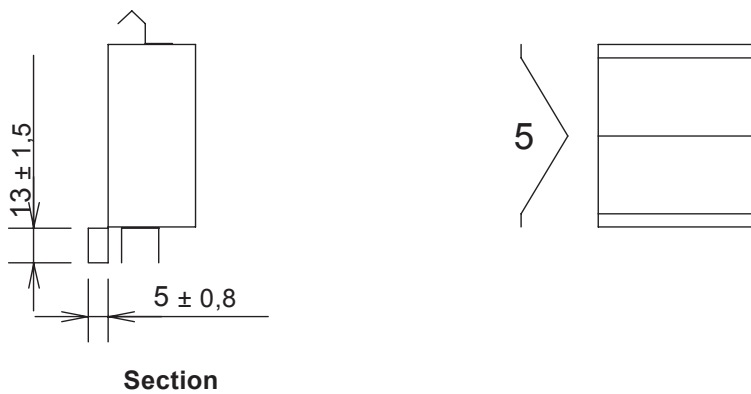
- 1 Outer cone
- 2 Inner cone

**Figure 5 — Flame size**

Dimensions in millimetres



**Specimen holder**



**Section**

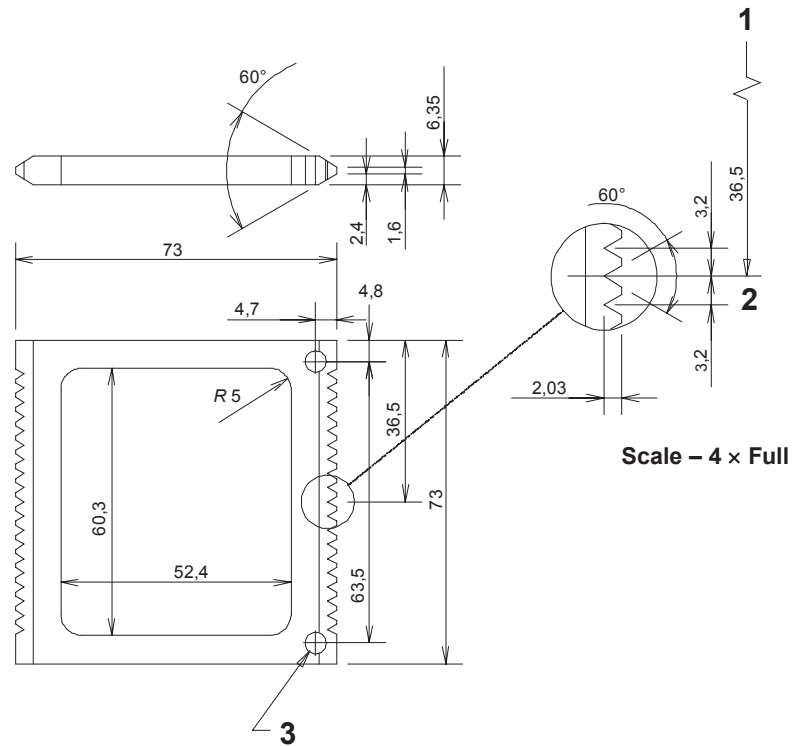
**Key**

- 1 3,2 mm holes for retaining rod
- 2  $0,5 \pm 1,2$  stainless steel wire equally spaced
- 3 Front face opening  $65 \times 65 \pm 1,5$
- 4 Trough
- 5 Spring bent from metal  $76 \times 75 \times 0,25$

**Figure 6 — Details of specimen holder**



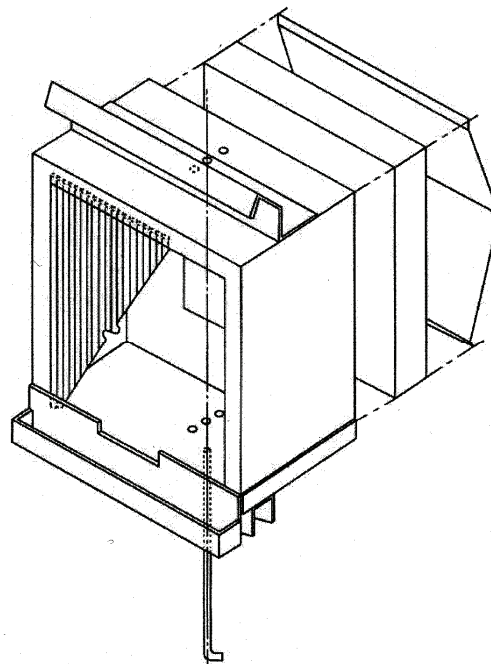
Dimensions in millimetres



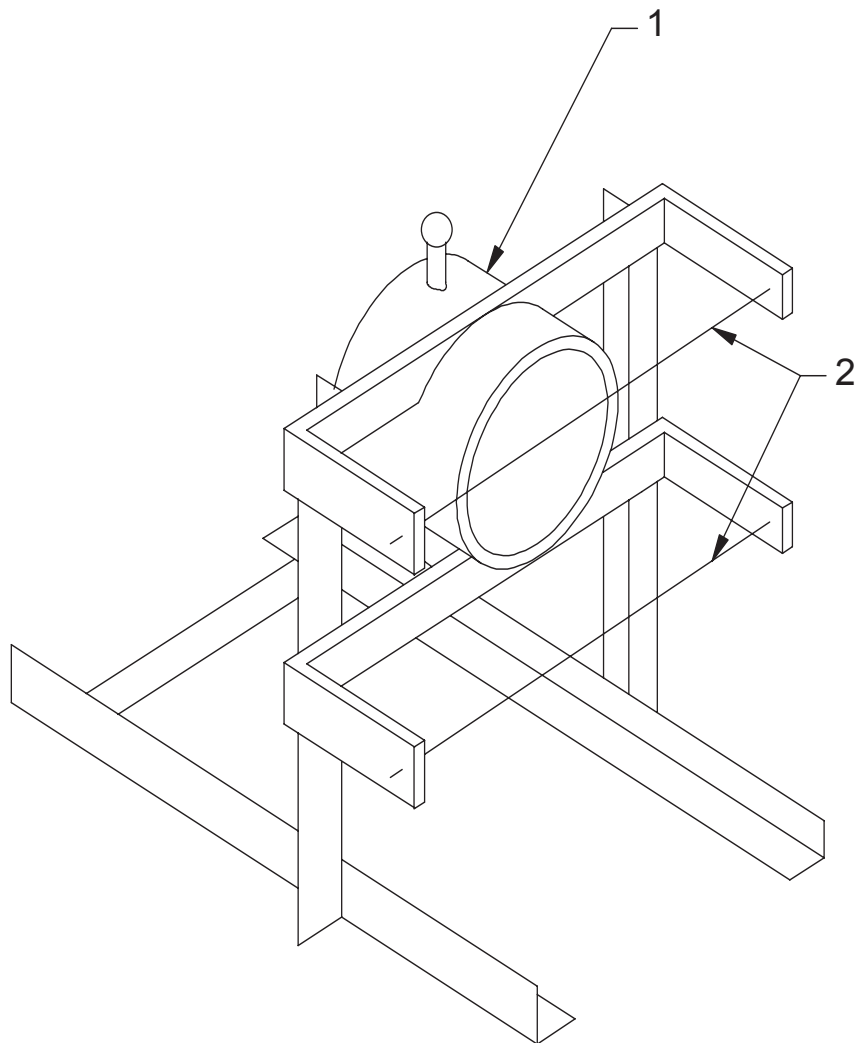
**Key**

- 1 Reference
- 2 Typically 19 Spaces
- 3 Diameter 476 Hole – 2 places

**Figure 7A — Wire Holding Frame for wire/cable with an outer diameter up to 3,3 mm**



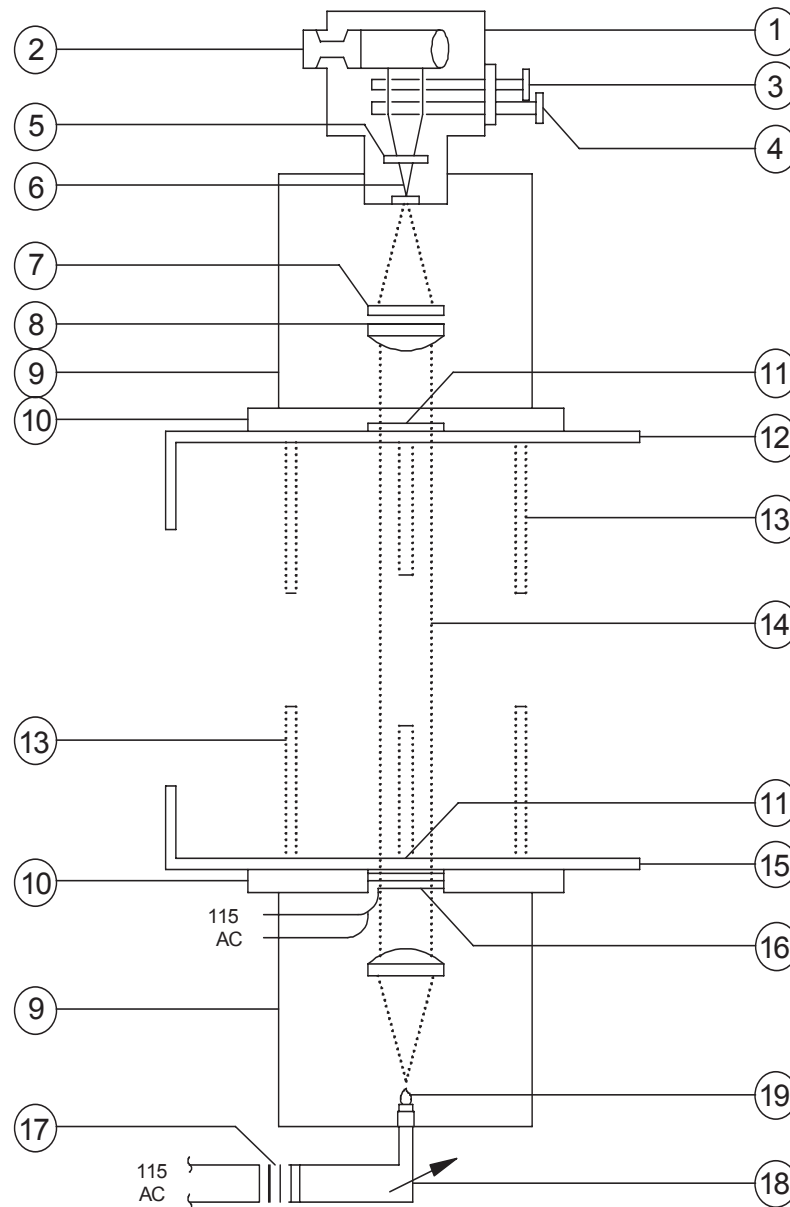
**Figure 7B — Wire Holder for wire/cable with an outer diameter greater than 3,3 mm**



**Key**

- 1 Mounting ring for furnace
- 2 Rods for supporting sample holders

**Figure 8 — Typical furnace support**

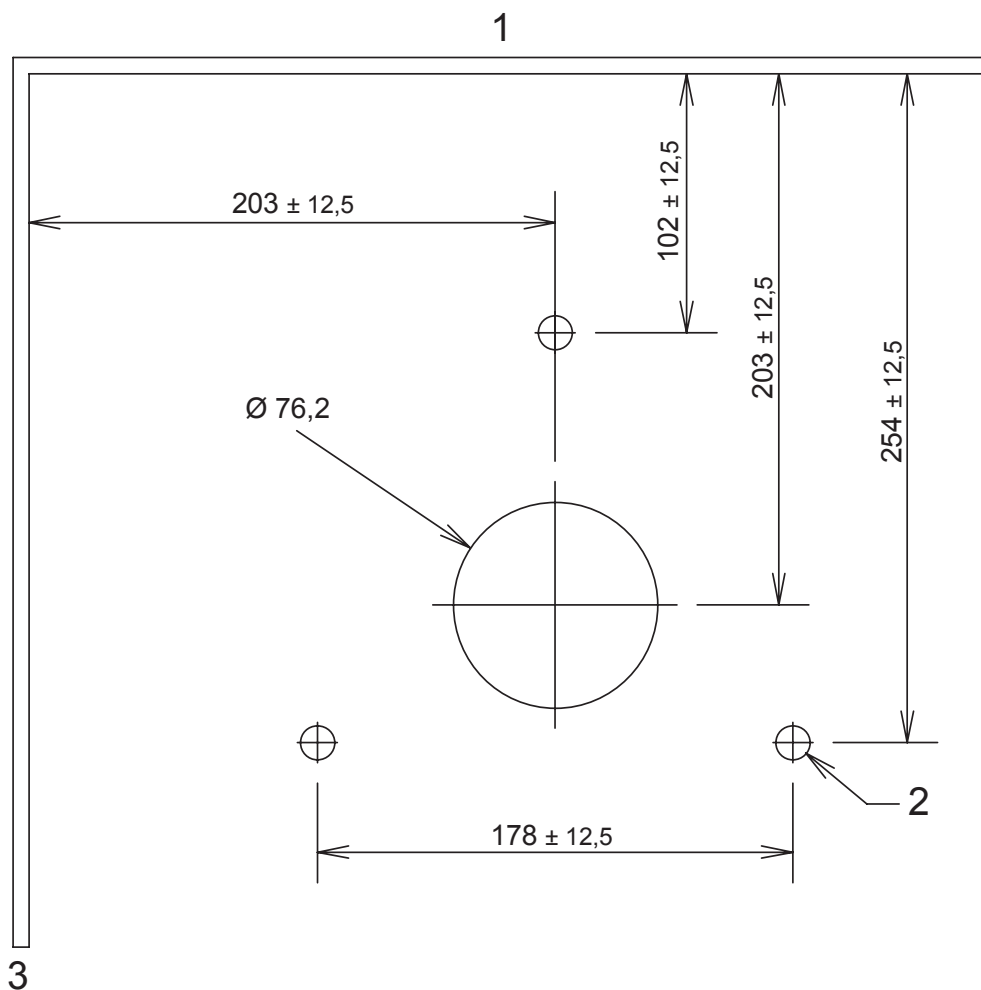


**Key**

- |    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 1  | Photomultiplier housing                                | 11 | Optical windows (2)                                  |
| 2  | Photomultiplier tube and socket                        | 12 | Chamber roof   |
| 3  | Upper shutter blade with HO2 filter over one aperature | 13 | Alignment rods (3)                                   |
| 4  | Lower shutter blade with single aperature              | 14 | Parallel light beam. 1.5 in (38 mm) Dia.             |
| 5  | Opal diffuser filer                                    | 15 | Chamber floor  |
| 6  | Aperature disk   | 16 | Optical window heater, silicon-fiberglass 50 W/115 V |
| 7  | Neutral density compensating from set of 8             | 17 | Regulated light source transformer 115 V/125 V – 6 V |
| 8  | Lens 7 diopter (2)                                     | 18 | Adjustable resistor. Light source adjusted for 4 V   |
| 9  | Optical system housing (2)                             | 19 | Light source   |
| 10 | Optical system platforms (2)                           |    |  |

**Figure 9 — Photometer details**

Dimensions in millimetres



**Key**

- 1 Rear of chamber
- 2 Ø 12,5 metal rods
- 3 Side of chamber

**Figure 10 — Photometer location**