

Luft- und Raumfahrt

Raumfahrtproduktsicherung

Brennverhaltenstest für die Auswahl von Raumfahrtmaterialien

Deutsche und Englische Fassung EN 14090:2002

DIN**EN 14090**

ICS 49.025.01; 49.140

Aerospace — Space product assurance —
Flammability testing for the screening of space materials;
German and English version EN 14090:2002

Aéronautique et espace — Assurance produit des projets spatiaux —
Essai de flammabilité pour la sélection des matériaux d'un projet spatial;
Version allemande et anglaise EN 14090:2002

Die Europäische Norm EN 14090:2002 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die *European Cooperation for Space Standardisation (ECSS)*, eine Einrichtung zur Erstellung eines kohärenten, einheitlichen Normenwerkes zur Anwendung in allen europäischen Raumfahrtprojekten, hat am 1996-11-13 vom *Europäischen Komitee für Normung (CEN)* das Mandat (M/237) erhalten, für den CEN-Subsektor To2 "Aerospace" Europäische Normen (EN) auszuarbeiten.

Das ECSS-Dokument "ECSS — Q — 70 — 21" wurde in den Gremien des ECSS unter Mitwirkung deutscher Experten erarbeitet und nach durchlauf der Formellen Abstimmung im CEN als Europäische Norm EN 14090:2002 angenommen.

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats der Normenstelle Luftfahrt 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.

Für die im Inhalt zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hinwiesen:

ISO 6941 siehe DIN EN ISO 6941

Fortsetzung Seite 2
und 31 Seiten EN
und 31 Seiten Englische Fassung

Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6941, *Textilien — Brennverhalten — Messung der Flammenausbreitungseigenschaften vertikal angeordneter Proben* (ISO 6941:1984, einschließlich Änderung A:1992); Deutsche Fassung EN ISO 6941:1995.

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt
Raumfahrtproduktsicherung
Brennverhaltenstest für die Auswahl von Raumfahrtmaterialien

Aerospace —
Space product assurance —
Flammability testing for the screening of space materials

Aéronautique et espace —
Assurance produit des projets spatiaux —
Essai de flammabilité pour la sélection des matériaux d'un
projet spatial

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 26. Dezember 2001 angenommen.

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

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

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



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	4
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Abkürzungen	5
3.1 Begriffe.....	5
3.2 Abkürzungen	5
4 Prüfung.....	6
4.1 Vorbereitung	6
4.1.1 Risiken und Sicherheitsvorkehrungen	6
4.1.2 Probenvorbereitung.....	6
4.1.3 Prüfraum	6
4.1.4 Geräte	7
4.2 Prüfverfahren.....	7
4.2.1 Kategorien.....	7
4.2.2 Werkstoffprüfungen.....	8
4.2.3 Verfahren 4: Prüfung im eingebauten Zustand.....	23
5 Qualitätssicherung.....	24
5.1 Allgemeines	24
5.2 Aufzeichnungen	24
5.3 Fehler.....	24
5.4 Kalibrierung	24
5.5 Rückverfolgbarkeit.....	24
Anhang A (informativ) Herstellung und Qualifikation von chemischen Zündern	25
A.1 Allgemeines	25
A.2 Sicherheitsanforderungen	25
A.3 Reagenzien und Geräte	25
A.3.1 Hexamethylentetramin (HMT)	25
A.3.2 Natriummetasilicat	25
A.3.3 Gummi arabicum	25
A.3.4 Hammermühle	25
A.3.5 Handschuhkasten	25
A.3.6 Beutel	25
A.3.7 Sieb 040	25
A.3.8 Dunstabzug.....	26
A.3.9 Atemmaske mit organischem Filter	26
A.3.10 Entionisiertes Wasser.....	26
A.3.11 250-ml-Bürette	26
A.3.12 Elektrischer Hochleistungsmixer	26
A.3.13 Spatel 26	26
A.3.14 Kunststoffschalen	26
A.3.15 Förderband	26
A.3.16 Strangpresse	26
A.3.17 Schneidwerkzeug	26
A.3.18 Etagentrockner.....	26
A.3.19 Exsikkator und Trockenmittel.....	26
A.3.20 Waage	26
A.3.21 Gewellter Halter aus Kunststoff.....	27
A.3.22 Zertifizierte Atemluft	27
A.3.23 Spannungsquelle	27
A.3.24 Chromnickel-Draht, 90 mm	27
A.3.25 Geeichter Messstab	27
A.3.26 Prüfkammer	27
A.3.27 Geeichte Stoppuhr	27
A.3.28 Pinsel mit weichen Borsten	27

	Seite
A.3.29 Kunststoffbehälter	27
A.3.30 Gewelltes Verpackungsmaterial aus Schaumstoff.....	27
A.4 Zerkleinern der Zündermischung.....	27
A.5 Wägen des Zündergemischs	28
A.6 Wasserzugabe	28
A.7 Strangpressen	28
A.8 Nachbehandlung, Zuschneiden und Wägen der Zünder	29
A.9 Zertifizierung der Zünder.....	29
A.10 Entsorgung der Abfälle	30
A.11 Verpackung und Lagerung	30
Literaturhinweise	31

Bilder

Bild 1 — Schematische Darstellung des Prüfgeräts zur Bestimmung des Sauerstoffindex	11
Bild 2 — Rahmen zum Spannen der Probe	12
Bild 3 — Probenhalter.....	14
Bild 4 — Probenhalter.....	15
Bild 5 — Proben aus thermoplastischen Werkstoffen	16
Bild 6 — Anordnung zur Prüfung des Brennverhaltens von Leiterisolation bei erhitztem Leiter und einer Sauerstoffkonzentration von 25 %	18
Bild 7 — Brenner (modifiziert) und Einstellung der Flammenhöhe	20
Bild 8 — Vereinfachte Darstellung der Einrichtung zur Prüfung des Brennverhaltens von Leiterisolation.....	21

Tabellen

Tabelle 1 — Beschreibung der Prüfanordnung (nach Bild 6)	19
--	----

Vorwort

Dieses Dokument wurde von CMC ausgearbeitet.

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

Sie basiert auf einer früheren Version¹⁾, die von der ECSS-Normungsarbeitsgruppe „Produktsicherung“ ausgearbeitet, vom Technischen ECSS-Ausschuss überprüft und vom ECSS-Lenkungsgremium verabschiedet wurde. Die Europäische Kooperation für Raumfahrtnormung (ECSS) ist eine Kooperation der Europäischen Raumfahrtagentur, nationaler Raumfahrtagenturen und europäischer Industrievereinigungen mit dem Ziel der Ausarbeitung und Pflege von einheitlichen Normen.

Diese Norm gehört zu einer Reihe von Raumfahrtnormen, die sich mit dem Management, der Technik (Engineering) und der Produktsicherung in Raumfahrtprojekten und -anwendungen befassen.

Diese Norm formuliert Anforderungen als Festlegungen dessen, was erreicht und weniger, wie die erforderliche Arbeit organisiert und durchgeführt werden soll. Dadurch können bestehende Organisationsstrukturen und —methoden beibehalten werden, wo sie effektiv sind, und sich weiterentwickeln, soweit erforderlich, ohne die Normen neu abfassen zu müssen.

Bei der Abfassung dieser Norm wurde die vorliegende EN ISO 9000-Normenreihe berücksichtigt.

Anhang A ist informativ.

Diese Norm enthält Literaturhinweise

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

Einleitung

Nichtmetallische Werkstoffe sind grundsätzlich entflammbar, wobei der Grad, bis zu dem dies zutrifft, sowohl von den chemischen Eigenschaften des Werkstoffs selbst als auch von der Umgebung abhängt, in der er eingesetzt wird. In der geschlossenen Umgebung eines bemannten Raumfahrzeugs kann dies zu einer Gefährdung für die Besatzung führen. Dies macht es erforderlich, das Werkstoffverhalten genauer zu untersuchen.

1) ECSS-Q-70-21

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Prüfverfahren zur Bestimmung des Brennverhaltens von nichtmetallischen Werkstoffen unter definierten Bedingungen fest. Diese Verfahren gelten sowohl für Werkstoffe, die allein, wie auch für solche, die im Verbund eingesetzt werden. Die Ergebnisse der Prüfungen sollen eine Beurteilung der Eignung von Werkstoffen für den Einsatz in Mannschaftsräumen von Raumfahrzeugen ermöglichen. Die Prüfergebnisse lassen Schlussfolgerungen hinsichtlich der Entflammbarkeit der Werkstoffe wie auch hinsichtlich der Flammenausbreitungseigenschaften zu.

2 Normative Verweisungen

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

EN 13701, *Raumfahrtsysteme — Glossar*.

EN 14097, *Raumfahrtproduktsicherung — Fehlerkontrollsystem*.

ECSS-Q-20, *Raumfahrtproduktsicherung — Qualitätssicherung*.

ECSS-Q-70, *Raumfahrtproduktsicherung — Materialien, mechanische Teile und Prozesse*.

DIN 50050-1, *Prüfung von Werkstoffen — Brennverhalten von Werkstoffen — Kleiner Brennkasten*.

ISO 6941:1984, *Textile fabrics — Burning behaviour — Measurement of flame spread properties of vertically oriented specimens* (Textilien — Brennverhalten — Messung der Flammenausbreitungseigenschaften vertikal angeordneter Proben).

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

In dieser Europäischen Norm gelten neben den Begriffen nach EN 13701 und ECSS-Q-70 folgende Begriffe.

3.1.1

C_{lim}

Sauerstoffindex: Grenzwert der Sauerstoffkonzentration in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch, bei dem ein Werkstoff bei Kantenbeflammung von unten noch brennen kann

3.1.2

Entflammbarkeit

Maß für die Entzündbarkeit eines Werkstoffs.

3.2 Abkürzungen

In dieser Norm wird folgende Abkürzung verwendet.

Abkürzung	Bedeutung
r.m.s root-mean-square	Effektivwert

4 Prüfung

4.1 Vorbereitung

4.1.1 Risiken und Sicherheitsvorkehrungen

Bei der Durchführung der Prüfung muss den Sicherheitsvorkehrungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Folgendes ist zu beachten.

- a) Risiken für Besatzung, Ausrüstung und Werkstoffe müssen überwacht und möglichst gering gehalten werden.
- b) Der Umgang mit gefährlichen Substanzen und Gegenständen muss von anderen Arbeiten getrennt durchgeführt werden.
- c) Gegenstände sowie Bedienungseinrichtungen müssen so angeordnet sein, dass die Besatzung keinen Gefährdungen (z. B. durch Verbrennung, elektrischen Schlag, scharfe Kanten, spitze Gegenstände oder giftige Dämpfe) ausgesetzt ist.
- d) In den Anweisungen zur Bedienung, Lagerung, Prüfung, Montage, Wartung und Reparatur und zum Transport müssen geeignete Warnhinweise gegeben werden; gefährliche Gegenstände und persönliche Schutzausrüstung sind eindeutig zu kennzeichnen.

4.1.2 Probenvorbereitung

4.1.2.1 Probenart und -zahl

Es muss eine ausreichende Anzahl von Proben des zu untersuchenden Werkstoffs mit der für den bestimmungsgemäßen Einsatz geltenden Mindestdicke zur Prüfung eingereicht werden (Probenzahl siehe einzelne Prüfverfahren).

4.1.2.2 Reinigung

Reinigung und sonstige Behandlungen der Probe müssen wie beim entsprechenden Produkt vor dem Einbau in das Raumfahrzeug erfolgen. Eine weitere Reinigung oder andere Behandlungen sind nicht zulässig.

4.1.2.3 Probenbehandlung und -lagerung

Verunreinigungen der Probe beim Umgang damit müssen (z. B. durch Verwendung geeigneter Schutzhandschuhe) vermieden werden. Sie sind in einer auf Reinheit kontrollierten Umgebung bei einer Temperatur von $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(55 \pm 10)\%$ zu lagern. Beschichtete Oberflächen sind mit Hilfe von Polyethylen- oder Polypropylenfolie oder -platten vor Berührung zu schützen. Durch Verpacken der so geschützten Werkstücke in sauberem, staub- und fusselfreiem Material können mechanische Schädigungen verhindert werden.

Werkstoffe mit begrenzter Lebensdauer sind mit ihrer Lagerbeständigkeit und dem Herstellungsdatum oder, falls unbekannt, mit dem Lieferdatum zu kennzeichnen.

4.1.2.4 Werkstoffangaben

Wenn Werkstoffe zur Prüfung eingereicht werden, müssen eine eindeutige Bezeichnung des Werkstoffs sowie Angaben zur Art oder Verarbeitung des Werkstoffs mitgeliefert werden.

4.1.3 Prüfraum

4.1.3.1 Sauberkeit

Der Arbeitsbereich muss sauber und staubfrei sein. Die zur Belüftung verwendete Luft muss gefiltert werden, um Verunreinigungen der Proben durch Öl oder Staub oder deren Beeinträchtigung durch Feuchtigkeit zu vermeiden.

4.1.3.2 Umgebungsbedingungen

Prüfung: Wenn nicht anders festgelegt, vorzugsweise wie für die Lagerung im Klimaraum (siehe unten).

Lagerungstemperatur: Siehe 4.1.2.3. Entweder in einem Klimaraum oder Verwendung von mit Silikagel oder einer gesättigten Salzlösung gefüllten Exsikkatoren.

ANMERKUNG Eine gesättigte Calciumnitratlösung ergibt bei Prüftemperatur eine Feuchte von etwa 51 %.

4.1.3.3 Besondere Hilfsmittel

Sauerstoff- und Stickstoffquellen (Mindestreinheit 99,9 %).

4.1.4 Geräte

4.1.4.1 Standardgeräte

Es sind geeignete Prüfgeräte zu verwenden, die die im einzelnen Prüfverfahren festgelegten Anforderungen erfüllen.

4.1.4.2 Zusätzliche Geräte

Siehe einzelne Prüfverfahren.

4.2 Prüfverfahren

4.2.1 Kategorien

Diese Norm beschreibt vier Verfahren, die sich in zwei Kategorien unterteilen lassen:

— Werkstoffprüfungen

Hier handelt es sich um Prüfungen, mit denen die grundsätzliche Eignung eines Werkstoffs bzw. sein Brennverhalten unter den ungünstigsten Prüfbedingungen (z. B. hinsichtlich Umgebung, Anwendung oder Dicke) ermittelt werden soll. Zwei Prüfungen bilden für die meisten nichtmetallischen Werkstoffe (Prüfungen 1 und 2) die Grundlage für die Annahme, sie unterscheiden sich jedoch stark in den dabei erzielten Ergebnissen. Die Wahl des Verfahrens ist projektspezifisch und ist vertraglich festzulegen. Prüfung 3 gilt für Werkstoffe zur Leiterisolation.

Werkstoffe, die die Anforderungen dieser Prüfungen erfüllen, dürfen mit den verfahrensbedingten Einschränkungen als für die allgemeine Anwendung geeignet angesehen werden.

— Prüfung im eingebauten Zustand

Werkstoffe, die die Anforderungen der jeweiligen Werkstoffprüfung nicht erfüllen, müssen im eingebauten Zustand geprüft werden. Werkstoffe, die die Prüfung bestehen, dürfen mit den verfahrensbedingten Einschränkungen für bestimmte Zwecke eingesetzt werden. Für Werkstoffe, die diese Prüfung nicht bestehen, muss ein Antrag auf Abweichung gestellt werden. Dies gilt zum Beispiel für:

- entflammbare Klebstoffe, die zum Verkleben nicht entflammbarer Flächen verwendet werden, oder
- entflammbare Beschichtungen, die dünn auf nicht entflammbare Leiterplatten aufgebracht werden.

— Zusatzprüfungen

Zusatzprüfungen dürfen in Hinblick auf die Bestimmung von Eigenschaften wie Flamm- und Brennpunkt oder Verbrennungswärme durchgeführt werden. Hier ist von Fall zu Fall zu entscheiden.

4.2.2 Werkstoffprüfungen

4.2.2.1 Verfahren 1: Prüfung des Brennverhaltens bei Kantenbeflammung (Senkrecht-Methode)²⁾

a) Anwendungsbereich

Zweck dieser Prüfung ist, das Brennverhalten von in bestimmter Form zur Prüfung eingereichten Werkstoffen zu bestimmen, die von unten der Einwirkung einer Zündquelle ausgesetzt werden. Diese Prüfung ist im Allgemeinen auf Werkstoff von Nutzlasten der NASA (z. B. Raumstation, STS) anwendbar. Stehen die Werkstoffe nicht in bestimmter Form zur Verfügung, so muss die in 4.2.3 beschriebene Prüfung durchgeführt werden.

b) Probenvorbereitung

Die Proben sind nach einer Sichtprüfung auf Einschnitte, Abriebstellen oder sonstige Mängel wie folgt vorzubereiten:

- 1) Folien, Gewebe, Platten und Verbundstoffe müssen im Anlieferungszustand geprüft werden. Die Proben müssen auf die Form von Rechtecken mit Kantenlängen von mindestens 300 mm × 64 mm zugeschnitten werden. Schaumstoffe und voluminöse Werkstoffe müssen in der im Einbauzustand gegebenen Dicke geprüft werden und dieselben Mindestmaße besitzen.
- 2) Primer, Überzüge, Anstrichstoffe und Selbstklebestreifen müssen auf die vorgesehenen Grundwerkstoffe aufgebracht werden, falls diese bekannt sind. Beschichtungsstoffe müssen in der dem üblichen Gebrauch entsprechenden Dicke aufgebracht und wie vorgeschrieben nachbehandelt werden. Steht der vorgesehene Grundwerkstoff nicht zur Verfügung, so müssen die Beschichtungsstoffe auf Platten aus Aluminium mit den Maßen 300 mm × 60 mm × 0,075 mm aufgebracht werden.
- 3) Die Probekörper müssen vor der Prüfung bei $(22 \pm 3) ^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(55 \pm 10) \%$ 24 h klimatisiert werden.

c) Prüfdruck und Prüfgasgemisch

Prüfdruck und Prüfgasgemisch müssen so festgelegt werden, dass sie dem in einem Raumfahrzeug vorhandenen gefahrenträchtigsten Gasgemisch entsprechen.

d) Geräte

- **Prüfkammer:** Das Innenvolumen der Prüfkammer muss eine vollständige Verbrennung der geprüften Probe sicherstellen. Es muss mindestens 250 l betragen; die Kammer muss so konstruiert sein, dass eine sichere Bedienung möglich ist. Zur Beobachtung muss die Kammer mit einem Sichtfenster ausgestattet sein. Eine Innenraumbelichtung sollte eingebaut sein. Für Gaszufuhr, Be- und Entlüftung und Zündstrom müssen geeignete Öffnungen vorhanden sein. Organische Werkstoffe, die für den Bau der Kammer verwendet werden, müssen so beschaffen sein, dass sie in die Kammer praktisch kein Gas abgeben.
- **Druckmessgerät:** Es ist ein Druckmessgerät zu verwenden, mit dem der Druck auf 10 hPa genau gemessen werden kann.
- **Probenhalter:** Proben von ausreichender Steifigkeit oder Proben auf Grundwerkstoffen von ausreichender Steifigkeit, die sich bei Einwirkung einer Wärmequelle nicht verformen oder schrumpfen, dürfen mit Hilfe einer einfachen Klemme gehalten werden. Sonstige Proben müssen in einen Rahmen gespannt werden. Der Probenhalter muss so beschaffen sein, dass er möglichst wenig Wärme von der Probe aufnimmt und so das Ergebnis möglichst wenig beeinflusst.
- **Zündquelle:** Die Zündung der Probe muss mittels einer regelbaren Energiequelle erfolgen. Diese muss aus einem Stück Chromnickel-Draht bestehen, der AWG 20 (American Wire Gauge) entspricht, einen spezifischen Nennwiderstand von $2,3 \Omega/\text{m}$ besitzt und so lang ist, dass er mindestens dreimal um einen Feststoffzünder³⁾ o. Ä. gewickelt werden kann. Der Nenndurchmesser dieses Zünders muss 3 mm und die Länge 32 mm betragen. Die Flammentemperatur beträgt $(1\,100 \pm 100) ^\circ\text{C}$, die Brenndauer muss $(25 \pm 5) \text{ s}$ betragen. Der Zünder muss mit Hilfe einer regelbaren Gleichstromquelle aktiviert und 6 mm von der Probenunterkante entfernt angeordnet werden.

2) Entspricht Prüfung 1 in NASA-Dokument STD 6001.

3) Geeignete Zünder können von der NASA-Prüfstelle White Sands bezogen werden. In Anhang A ist zusätzlich ein Verfahren zur Herstellung geeigneter Zünder angegeben.

e) Ermittlung der Flammenausbreitungsgeschwindigkeit

Zur Bestimmung der Flammenausbreitung zwischen den auf dem Probenhalter aufgetragenen Markierungen ist die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit mit einer manuell betätigten Stoppuhr zu ermitteln und aufzuzeichnen. Die Uhr muss beim ersten sichtbaren Anzeichen von Verbrennung gestartet werden und gestoppt werden, sobald die Flamme aufhört, sich weiter aufwärts zu bewegen. Gegebenenfalls kann auch die Gesamtbrenndauer aufgezeichnet und die Probe entfernt werden, um die gesamte Länge der Brennstrecke direkt oder durch Subtraktion zu ermitteln. Dabei ist darauf zu achten, dass die Brennlänge wegen Rußrückständen im oberen Bereich nicht als zu groß ermittelt wird.

f) Kalibrierung

Vor jeder Messreihe ist die Gasversorgung wie folgt zu kalibrieren:

- 1) Die Druckregler an den Sauerstoff- und Stickstoff-Zuleitungen sind auf 0,17 MPa bis 0,21 MPa einzustellen. Das Sauerstoff-Ventil an der Prüfkammer ist zu schließen und das Ventil für die Stickstoffzufuhr zu öffnen. Die Zufuhr ist so einzustellen, dass sich am Messgerät ein Durchfluss von 100 ml/min ergibt. Wenn ausschließlich Stickstoff einströmt, sollte die Anzeige des Messgeräts 0 % betragen. Dazu ist der Nullwert entsprechend einzustellen.
- 2) Der Vorgang ist mit abgestellter Stickstoffzufuhr und geöffneter Sauerstoffzufuhr zu wiederholen. Das Messgerät sollte 100 % anzeigen. Ist dies nicht der Fall, so ist der Regler am Gerät so einzustellen, dass 100 % erreicht werden.
- 3) Die Schritte 1) und 2) sind, falls notwendig, zu wiederholen.

Anstelle des oben beschriebenen Verfahrens dürfen auch Flaschen mit kalibrierten Gasen verwendet werden, die das ungünstigste Gasgemisch nachbilden.

g) Durchführung

- 1) Stickstoff- und Sauerstoffzufuhr sind so einzustellen, dass das gewünschte Prüfgasgemisch erzeugt wird (Schritt f)).
- 2) Die Probe ist wie vorgesehen in der Kammer anzuordnen.
- 3) Der Zünder ist auf den Chromnickel-Draht zu wickeln und zwischen den Elektroden in der Kammer anzuordnen.
- 4) Der Druck in der Kammer ist auf unter 1 400 Pa abzusinken.
- 5) Die Kammer ist mit dem Prüfgasgemisch zu füllen.
- 6) Die Probe ist mindestens drei Minuten lang dem Prüfgasgemisch auszusetzen.
- 7) Die Bildaufzeichnung ist zu starten.
- 8) Der Zünder ist unter Strom zu setzen, bis er zündet; danach ist der Strom sofort abzuschalten.
- 9) Es ist festzuhalten, ob die Probe nicht brennbar, selbstverlöschend ist oder weiter brennt.
- 10) Einzelheiten des Brennverhaltens (z. B. Art und Farbe der Flamme, Rauchentwicklung, brennendes Abtropfen, Spritzen, Glimmen) sind zu notieren.
- 11) Der in der Kammer entstandene Höchstdruck ist aufzuzeichnen.

h) Annahmekriterien

Werkstoffe gelten als nicht brennbar oder selbstverlöschend, wenn der verbrannte Bereich sich um weniger als 150 mm in die Probe hinein ausdehnt, wobei die Probe in der der Anwendung entsprechenden Mindestdicke vorliegt und die Brenndauer 10 min nicht überschreiten darf. Von der Probe dürfen weder Funken oder Spritzer ausgehen, noch dürfen brennende Bestandteile von ihr abtropfen. Es müssen mindestens drei Proben geprüft werden. Versagt eine der Proben, gilt die Prüfung als insgesamt nicht bestanden.

i) Prüfergebnisse

Folgendes ist im Prüfbericht anzugeben:

- Vollständige Beschreibung der geprüften Proben, einschließlich Handelsname, Hersteller, chemische Zusammensetzung, Maße, Prüfgasgemisch und Angaben der Verarbeitung.
- Brenndauer, Brennlänge und Flammenausbreitungsgeschwindigkeit. Die bei Schritt g) gemachten Beobachtungen zur Art der Flamme und Sauerstoffgehalt am Ende der Prüfung. Liegt dieser Wert mehr als 20 % unter dem des ursprünglichen Prüfgasgemischs, so muss eine erneute Prüfung mit einer größeren Prüfkammer durchgeführt werden.

4.2.2.2 Verfahren 2: Genormtes Verfahren zur Bestimmung des Grenzwerts der Sauerstoffkonzentration (Sauerstoffindex) bei der Verbrennung von Polymerwerkstoffen⁴⁾

a) Anwendungsbereich

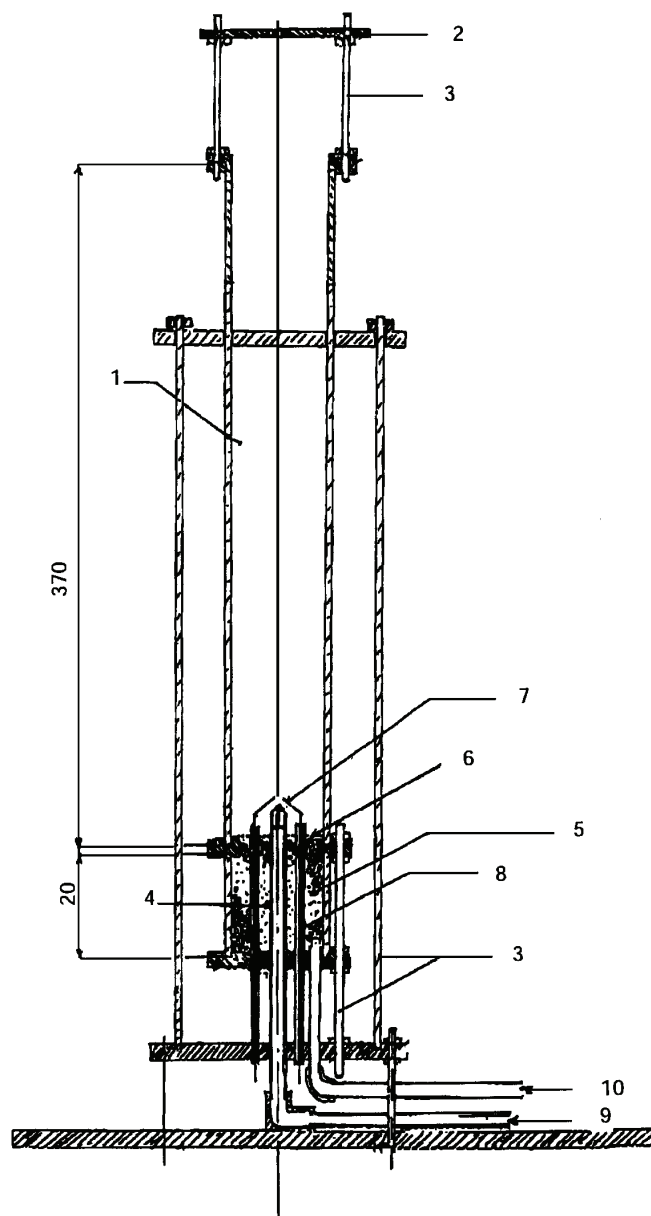
Dieses Verfahren ist für die Bestimmung des Sauerstoffindex (C_{lim}) während der Verbrennung von zu prüfenden Werkstoffen heranzuziehen. Es ist vertraglich zu vereinbaren.

- Der Sauerstoffindex ist als der Volumenanteil des im Stickstoff-Sauerstoff-Gemisch enthaltenen Sauerstoffs definiert, bei dem bei Verbrennung von Polymerwerkstoffen der Werkstoff bei Kantenbeflammung von unten noch brennen kann.
- Der Sauerstoffindex muss eine vergleichende Beurteilung des Brennverhaltens von Polymerwerkstoffen und eine Bewertung des Feuerwiderstands dieser Werkstoffe ermöglichen.
- Der Sauerstoffindex sollte als ein Hauptmerkmal für die von Werkstoffen ausgehende Brandgefahr angesehen und folglich berücksichtigt werden, wenn deren Einsatz in einer Umgebung mit schwankendem Sauerstoffgehalt erwogen wird.

4) Basiert auf Prüfverfahren ZZU.0336.028 der RKK/Energia (Moskau).

b) Prüfgerät

Der Sauerstoffindex wird mit einem Prüfgerät nach Bild 1 bestimmt. Es ist wie folgt aufgebaut:



Legende

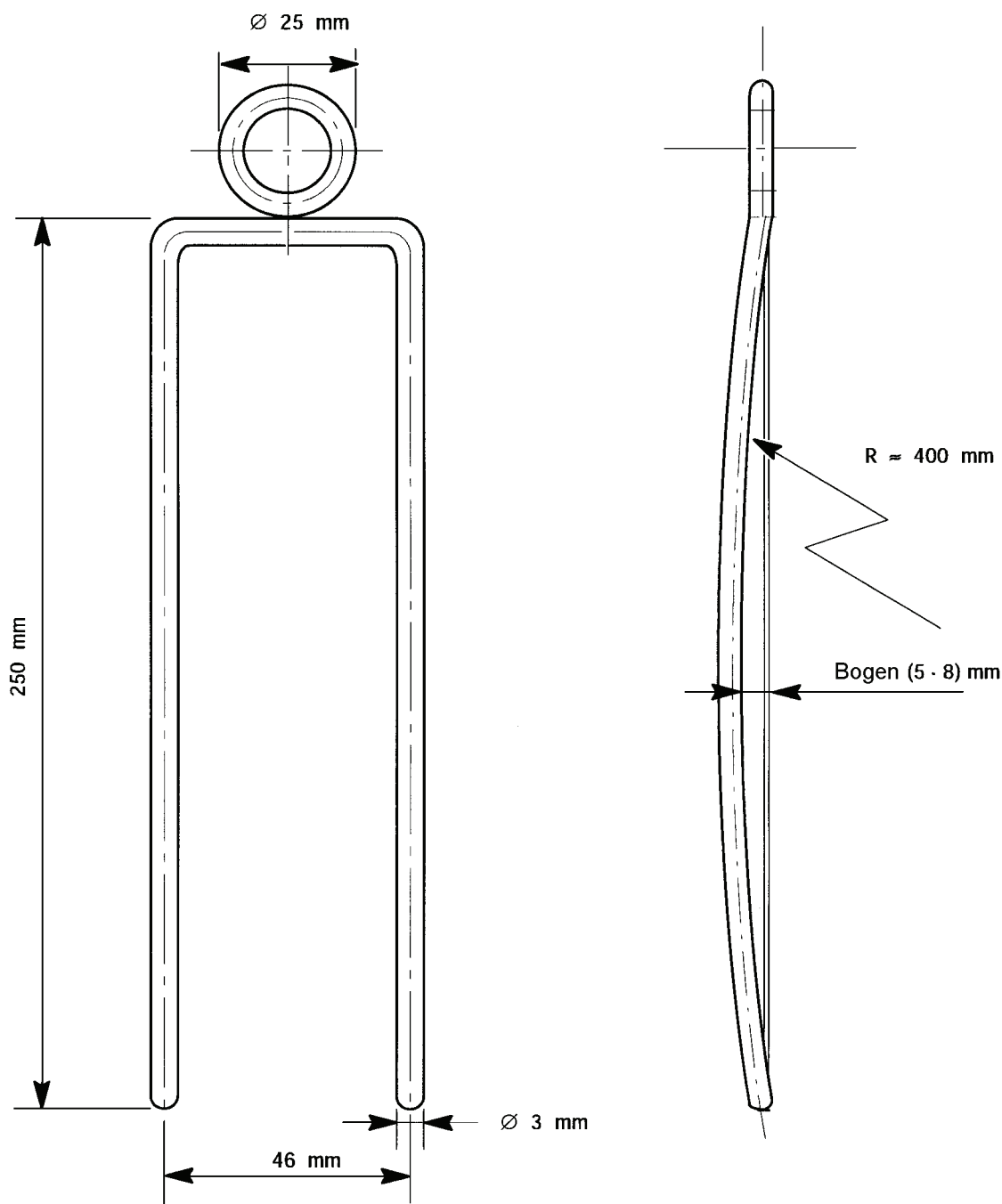
- 1 Testsäule
- 2 Probenhalter
- 3 Gewindebolzen ($\varnothing$ 4 mm)
- 4 Gasbrenner
- 5 Diffusor
- 6 Drahtgewebe aus rostfreiem Stahl mit einer Maschenweite von 1 mm
- 7 Funkenzünder
- 8 Isolierung aus Keramik
- 9 Zuleitung für Brenngas
- 10 $O_2 + N_2$ -Gemisch-Leitung

Bild 1 — Schematische Darstellung des Prüfgeräts zur Bestimmung des Sauerstoffindex

- Senkrecht angeordneter Prüfzylinder aus Quarzglas, mit einem Innendurchmesser von 75 mm und einer Höhe von 370 mm (1). Er trägt an seinem unteren Ende einen Zylinder aus demselben Werkstoff und mit gleichem Innendurchmesser, jedoch mit einer Höhe von 70 mm. Dieser ist mit Glaskugeln von 3 mm bis 5 mm Durchmesser gefüllt, die dazu dienen, das Gasgemisch gleichmäßig im Zylinder zu verteilen (5).
- Probenhalter (2), mit dem die Probe an der Oberkante senkrecht in der Mitte des Prüfzylinders gehalten wird. Zum Halten von Gewebe- oder Folienproben wird ein Rahmen verwendet (Bild 2).
- Gasbrenner mit einem Kupferrohr (Innendurchmesser 2,5 mm), das axial durch den kleinen Zylinder und die Glaskugeln geschoben wird (4). Die Flammentemperatur beträgt 850 °C, die Flammenhöhe 25 mm und der Gasdruck (17 ± 2) kPa.
- Funkenzünder aus zwei isolierten Elektroden, die auf beiden Seiten des Gasbrennerrohrs angeordnet werden (7).

- Analysatoreinheit mit parametrischem Detektor, die, aus einer Mischkammer und einem Sauerstoff-Gas-analysator bestehend, in der Zuleitung für das Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch (10) angeordnet wird. Messbereiche: 0 % bis 25 % und 0 % bis 100 %, Genauigkeit: $\pm 0,1$ %.
- Druckminderer, Durchflussmesser und ein Absperrventil in der Brenngaszuleitung (9).
- Stoppuhr.

Für die Durchführung der Prüfungen ist ein geeigneter Dunstabzug einzusetzen.



Spannrahmen: Drahtdurchmesser 3 mm

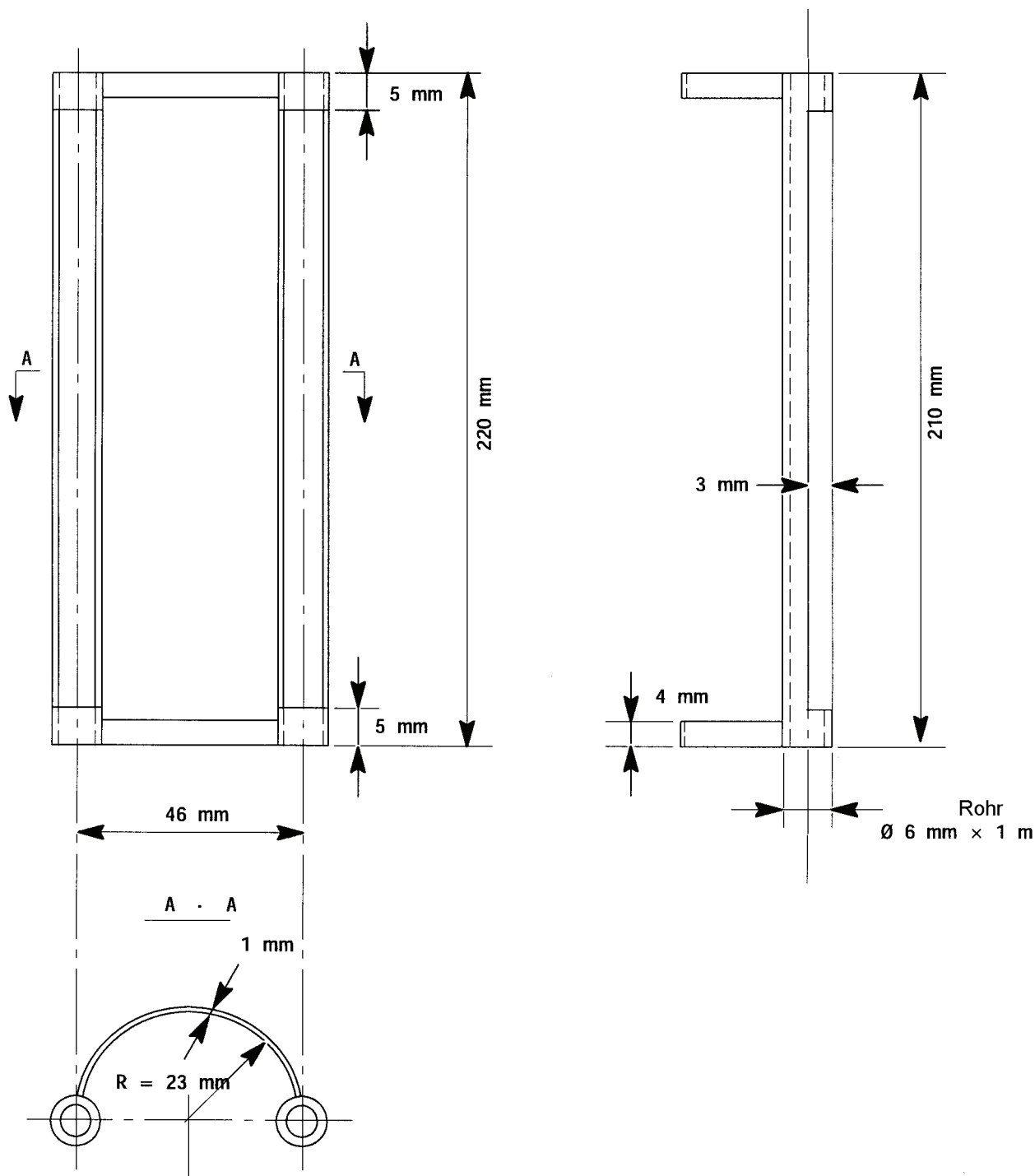
Darstellung nicht maßstabsgerecht.

Bild 2 — Rahmen zum Spannen der Probe

c) Proben

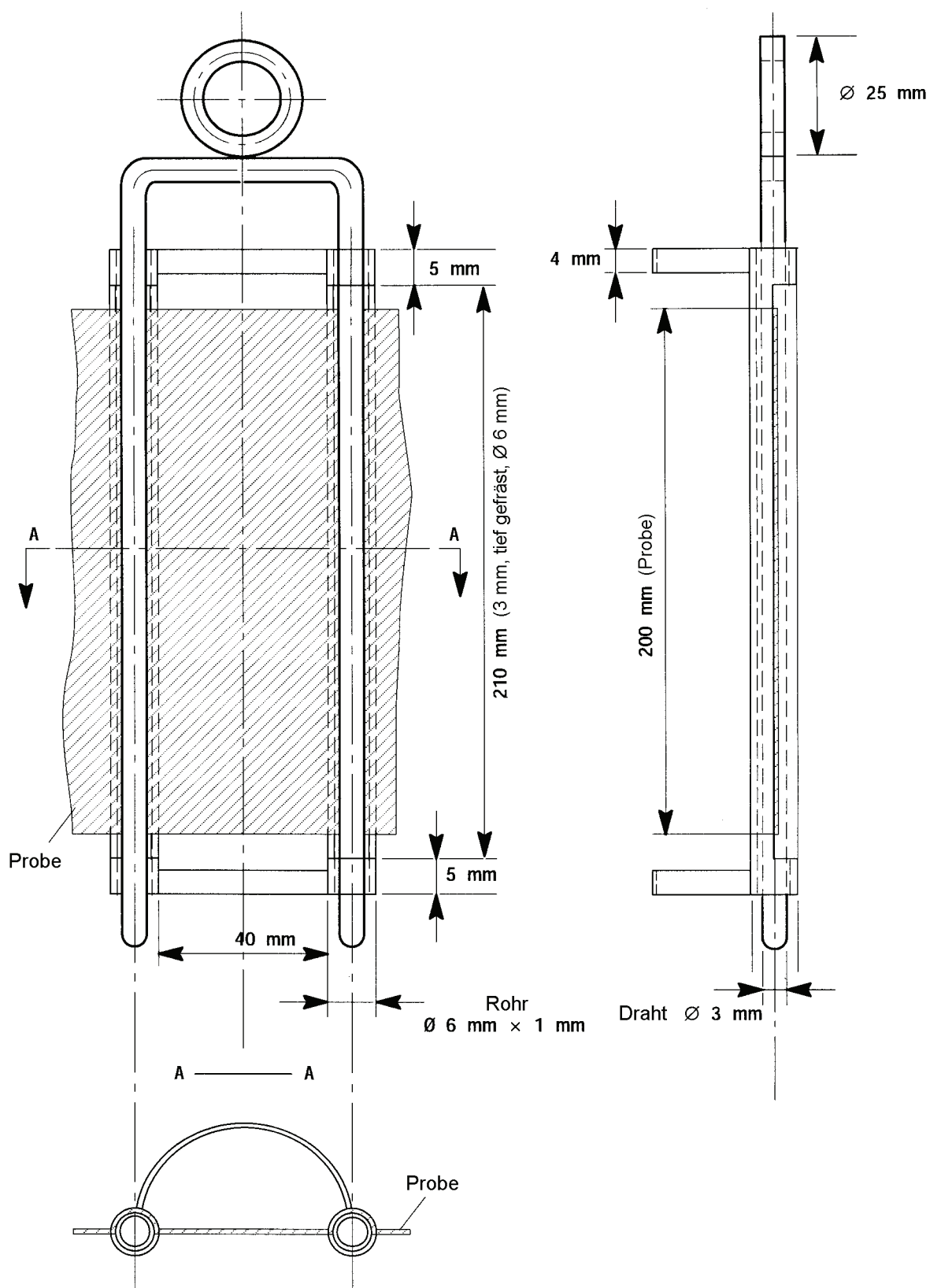
Zusätzlich zu den unter Schritt b) angegebenen Punkten ist Folgendes zu beachten:

- Bedingungen für die Herstellung von Proben aus duroplastischen Werkstoffen, die beim Brennen nicht schmelzen:
 - Die Werkstoffe müssen in Stabform mit einem Querschnitt von $(4 \pm 1) \text{ mm} \times (10 \pm 1) \text{ mm}$ und einer Länge von $(200 \pm 5) \text{ mm}$ vorliegen.
 - Bei Prüfungen an Geweben und Folien, Leder und Kunstleder müssen die Proben die vorgesehene Dicke haben, $(50 \pm 1) \text{ mm}$ breit und $(200 \pm 5) \text{ mm}$ lang sein. Die Proben müssen während der Prüfung in einen Metallrahmen (siehe Bild 4) eingespannt werden.
 - Bei Prüfungen an Fasern, die sich beim Brennen weder verformen noch schmelzen, werden die Proben durch Flechten dieser Fasern hergestellt, wobei die entstehenden Zöpfe $(200 \pm 5) \text{ mm}$ lang sein und eine längenbezogene Masse von $(5 \pm 0,3) \text{ g/m}$ (Masse $(1 \pm 0,3) \text{ g}$) haben müssen.
- Bedingungen für die Herstellung von Proben aus thermoplastischen Werkstoffen, die beim Brennen schmelzen:
 - Die Proben in Stabform mit einem Querschnitt von $(4 \pm 1) \text{ mm} \times (10 \pm 1) \text{ mm}$ und einer Länge von $(200 \pm 5) \text{ mm}$ werden mit einem Glasfasergeflecht umhüllt (siehe Bild 5).
 - Um Proben aus schmelzenden Folienwerkstoffen herzustellen, ist eine Rechteckprobe mit einer Kantenlänge von 200 mm und einer Masse von $(8 \pm 1) \text{ g}$ zu entnehmen. Die Probe ist zusammenzurollen und mit Glasfasergeflecht zu umhüllen, so dass sich ein Probenstab ergibt. Die Masse der Glasfasern darf $1,6 \text{ g}$ (20% der Probenmasse) nicht überschreiten.
- Prüfungen an Beschichtungen metallischer Oberflächen (Grundierungen, Überzüge aus Anstrichstoffen, Lacken und Email) müssen an Proben durchgeführt werden, die repräsentativ für einen Teil des betreffenden Gegenstands im eingebauten Zustand sind; dabei ist ein Probenhalter nach Bild 3 zu verwenden.



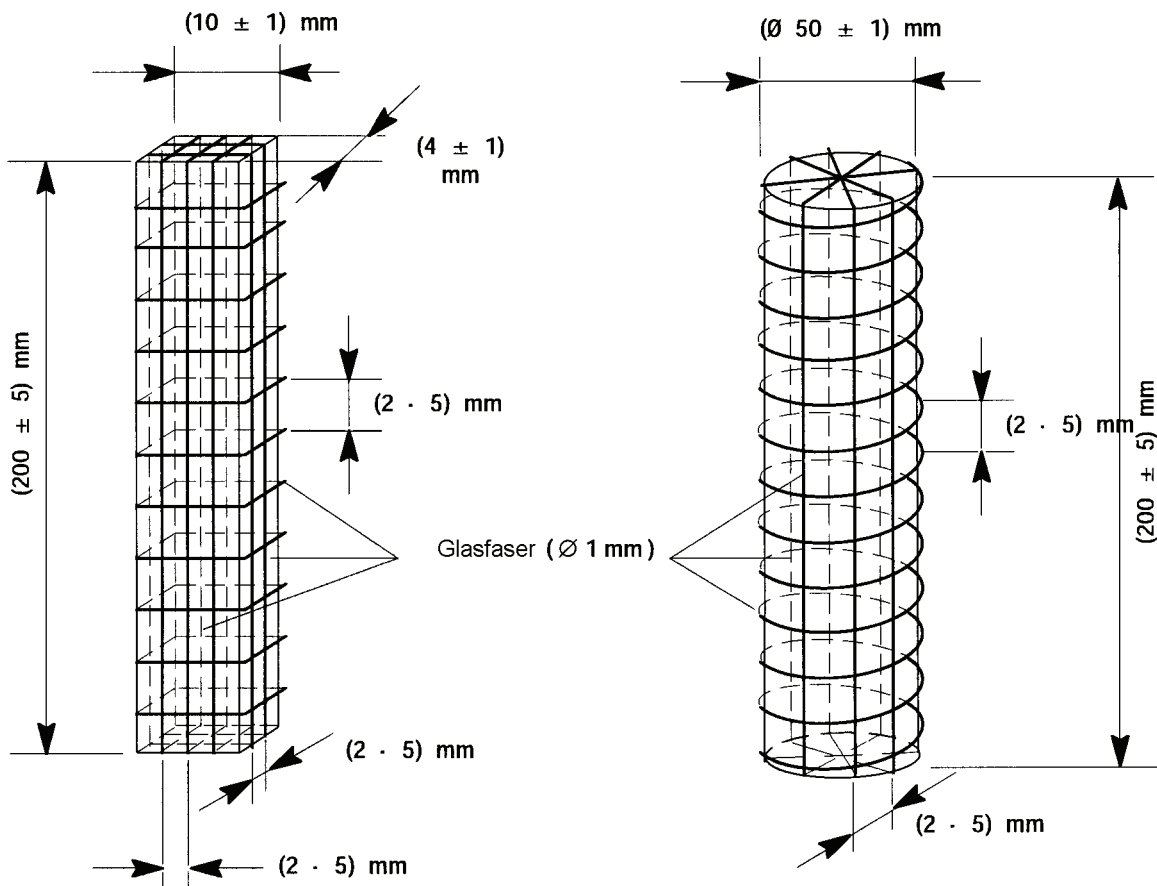
Darstellung nicht maßstabsgerecht.

Bild 3 — Probenhalter



Darstellung nicht maßstabsgerecht.

Bild 4 — Probenhalter



Darstellung nicht maßstabsgerecht.

Bild 5 — Proben aus thermoplastischen Werkstoffen

d) Vorbereitung des Prüfgeräts

- 1) Die Zufuhr von Stickstoff und Sauerstoff ist so einzustellen, dass die für das Gasgemisch festgelegte Zusammensetzung durch Regeln der Druckminderventile erzielt werden kann. Die Zusammensetzung des Gasgemischs ist mit Hilfe des Gasanalysators zu überprüfen.
- 2) In den Prüfzylinder (1) ist ein den Festlegungen entsprechendes Gemisch aus Sauerstoff und Stickstoff so strömen zu lassen, dass der mit einem Durchflussmesser zu überwachende Durchfluss $(442 \pm 44) \text{ cm}^3/\text{s}$ beträgt, wodurch sich im Zylinder (1) eine volumetrische Strömungsgeschwindigkeit des Gemischs von durchschnittlich $(10 \pm 1) \text{ cm/s}$ ergibt. Der Sauerstoffgehalt des Gasgemischs ist mit Hilfe des Gasanalysators zu überwachen.
- 3) Der Gasbrenner ist zu zünden und der Durchfluss des Brenngases mit Hilfe des Durchflussmessers auf $(0,03 \text{ bis } 0,05) \text{ l/min}$ einzustellen.
- 4) Nach der Überprüfung der einwandfreien Funktion des Gasbrenners (4) ist erst die Zufuhr des Brenngases, dann diejenige des Stickstoff-Sauerstoff-Gemischs zu unterbrechen.

e) Durchführung

- Die Prüfung ist bei Raumtemperatur durchzuführen.
- Die Probe muss in den entsprechenden Probenhalter eingespannt und in senkrechter Stellung in den Prüfzylinder eingebracht werden, so dass die Probenunterkante einen Abstand von 10 mm zum Brenner hat und dass die Längsachse der Probe mit der des Gasbrennerrohrs übereinstimmt.
- Das Gasgemisch ist für mindestens 30 s in das Prüfgerät strömen zu lassen.
- Der Gasbrenner ist zu entzünden und das Brenngas mit Hilfe des Durchflussmessers auf $(0,03 \text{ bis } 0,05) \text{ l/min}$ einzustellen.

- Sobald die Probe mit gleichmäßiger Geschwindigkeit brennt, jedoch spätestens 60 s, nachdem die Zündflamme die Probe entzündet hat, ist die Zufuhr des Brenngases zum Brenner zu unterbrechen; die Brenndauer ist zu messen. Während die Probe brennt, sind Zusammensetzung und Strömungsgeschwindigkeit des Gasgemischs konstant zu halten.
- Brennt die Probe auf ihrer gesamten Länge oder beträgt die Brenndauer mindestens 120 s, so muss die Prüfung mit einer geringeren Sauerstoffkonzentration wiederholt werden.
- Ist der zu erwartende Sauerstoffindex nicht bekannt, so ist die erste Prüfung ausschließlich unter Verwendung von Luft durchzuführen. Brennt die Probe in Luft nicht, so muss eine zweite Prüfung mit einer Sauerstoffkonzentration von 30 % bis 35 % vorgenommen werden.
- Für jede Prüfung muss eine neue Probe verwendet werden.
- In den nachfolgenden Prüfungen muss die Sauerstoffkonzentration des Gasgemischs variiert werden, bis die Differenz der Konzentrationen, bei denen die Probe brennt oder selbstverlöschend ist, nicht höher als 1 % ist.

f) Prüfergebnisse

- Der Sauerstoffindex (C_{lim}) wird als prozentualer Anteil ausgedrückt und nach folgender Gleichung bestimmt:

$$C_{lim} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{lim,i}}{n}$$

Er stellt das arithmetische Mittel der aus allen Messungen ermittelten Konzentrationsgrenzwerte ($C_{lim,i}$) dar.

Die Prüfung ist an mindestens fünf Proben durchzuführen.

- Die Ergebnisse der Prüfungen sind in einem Bericht festzuhalten. Dieser Bericht muss folgende Angaben enthalten:
 - Handelsname und chemische Zusammensetzung des Werkstoffs, sowie Herstellungsdatum, falls bekannt;
 - Name des Herstellers;
 - Kurzbeschreibung der Probe (z. B. Größe, Dicke);
 - der in jeder Prüfung ermittelte Grenzwert der Sauerstoffkonzentration und Mittelwert aus allen Prüfungen;
 - Datum der Prüfung.

4.2.2.3 Verfahren 3: Prüfung des Brennverhaltens von Leiterisolation

a) Anwendungsbereich

Diese Prüfung dient zur Prüfung des Brennverhaltens von Leiterisolation. Sie gilt für die Isolation von Kupferdraht der Stärken AWG 20 bis AWG 10 und für den Einsatz bei Normaldruck und einer Umgebung mit einer Sauerstoffkonzentration von höchstens 25 %.

b) Probenvorbereitung

Die Proben aus isoliertem Draht müssen frei von Einschnitten, Abriebstellen oder sonstigen Mängeln sein, was durch Sichtprüfung festzustellen ist. Sie müssen mit den in 4.1.2.4 beschriebenen Angaben zur Beschreibung des Werkstoffs geliefert werden. Von ein und derselben Drahtspule müssen nacheinander fünf Probekörper von jeweils einem Meter Länge geschnitten und nach einem für die zu prüfende Isolierung geeigneten Verfahren von Fremdstoffen und Rückständen befreit und gereinigt werden. Die Probekörper müssen vor der Prüfung mindestens 16 h lang bei einer relativen Luftfeuchte von $(55 \pm 10) \%$ und einer Temperatur von $(22 \pm 3) ^\circ\text{C}$ klimatisiert werden.

An beiden Enden des Probekörpers ist die Isolierung auf einer Länge von etwa 25 mm zu entfernen, danach sind der Widerstand des Leiters und die Umgebungstemperatur zu messen; anschließend ist der Probekörper entsprechend f) in den Brennkasten einzubringen.

c) Prüfdruck und Prüfgasgemisch

Prüfdruck und Prüfgasgemisch müssen von der Projektleitung festgelegt werden und dem in einem Raumfahrzeug vorhandenen gefahrenträchtigsten Gasgemisch innerhalb des Anwendungsbereichs dieser Prüfung (siehe a)) entsprechen.

d) Geräte

- **Brennkasten:** Der Brennkasten muss ein Innenvolumen von mindestens 250 l besitzen und DIN 50050-1 entsprechen, wobei die Höhe entsprechend ISO 6941:1984 zu modifizieren ist (siehe Bild 6). Als weitere Abweichungen sind Anschlüsse zur gleichmäßigen Versorgung mit Prüfgasgemisch, eine Einrichtung zur Verteilung des Prüfgasgemischs im Innenraum des Brennkastens zur Vermeidung starker Strömungen, Anschlüsse für Luft und Brenngas, Stromversorgung sowie ein Probenhalter, mit der die Probe in einem Winkel von 75° zur Waagerechten unter leichter Spannung gehalten werden kann, vorzusehen.

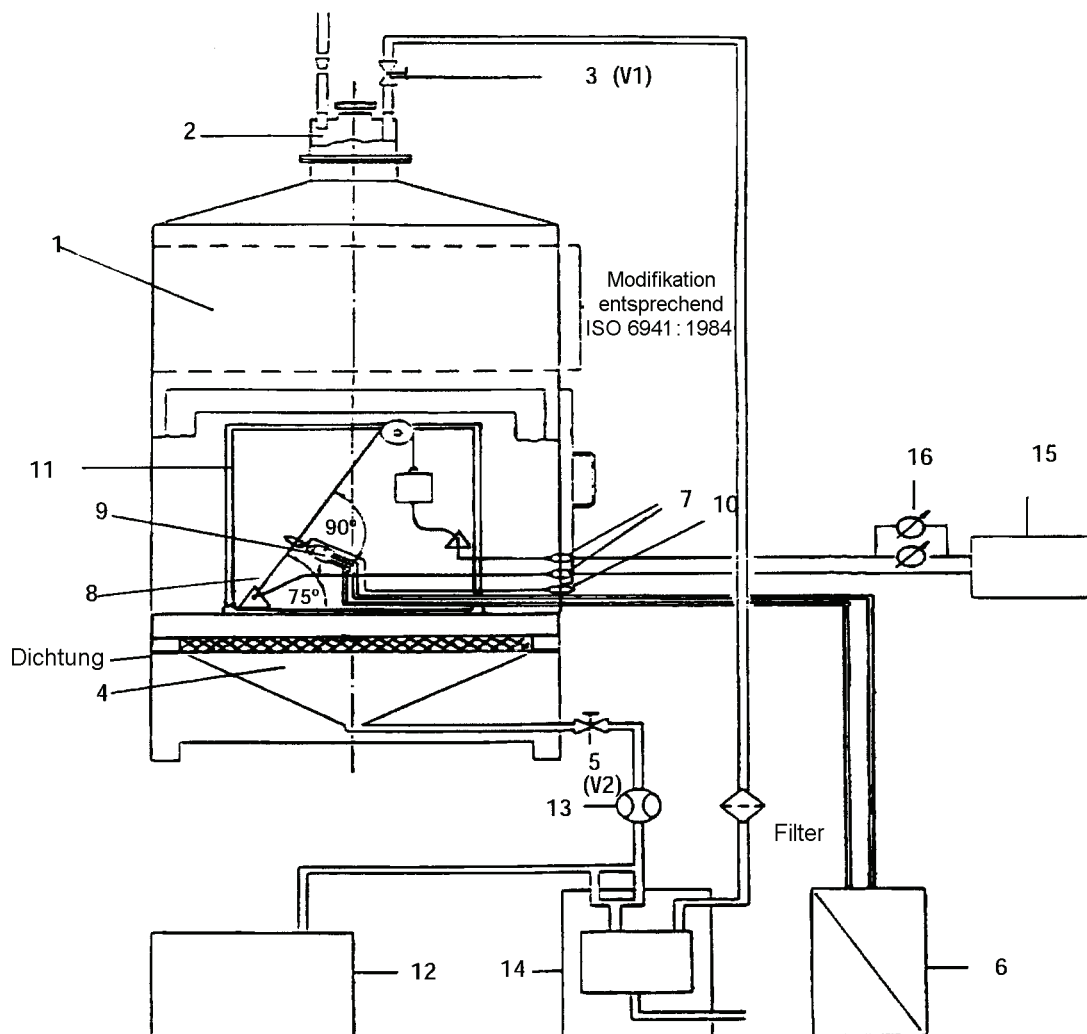


Bild 6 — Anordnung zur Prüfung des Brennverhaltens von Leiterisolation bei erhitztem Leiter und einer Sauerstoffkonzentration von 25 %