

DIN EN ISO 13506-1



ICS 13.340.10

Entwurf

Einsprüche bis 2023-04-03
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 13506-1:2017-12

**Schutzkleidung gegen Hitze und Flammen –
Teil 1: Prüfverfahren für vollständige Bekleidung –
Messung der Wärmeübertragung unter Verwendung einer
sensorbestückten Prüfpuppe (ISO/DIS 13506-1:2023);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 13506-1:2023**

Protective clothing against heat and flame –
Part 1: Test method for complete garments –
Measurement of transferred energy using an instrumented manikin
(ISO/DIS 13506-1:2023);
German and English version prEN ISO 13506-1:2023

Vêtements de protection contre la chaleur et les flammes –
Partie 1: Méthode d'essai pour vêtements complets –
Mesurage de l'énergie transférée à l'aide d'un mannequin instrumenté
(ISO/DIS 13506-1:2023);
Version allemande et anglaise prEN ISO 13506-1:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-02-03 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 113 Seiten

DIN-Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung (NPS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13506-1:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 94 „Personal safety — Personal protective equipment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 162 „Schutzkleidung einschließlich Hand- und Armschutz und Rettungswesten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 075-05-02 AA „Schutzkleidung gegen Hitze und Feuer“ im DIN-Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung (NPS).

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

DIN EN ISO 13506 besteht unter dem allgemeinen Titel *Schutzkleidung gegen Hitze und Flammen* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Prüfverfahren für vollständige Bekleidung — Messung der Wärmeübertragung unter Verwendung einer sensorbestückten Prüfpuppe
- Teil 2: Vorhersage von Verbrennungsverletzungen der Haut — Berechnungsanforderungen und Prüffälle

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3175-2	siehe	DIN EN ISO 3175-2
ISO 5725 (all parts)	siehe	DIN ISO 5725 (alle Teile)
ISO 6330	siehe	DIN EN ISO 6330
ISO 6942	siehe	DIN EN ISO 6942
ISO 9151	siehe	DIN EN ISO 9151
ISO 11612:2015	siehe	DIN EN ISO 11612
ISO 15797	siehe	DIN EN ISO 15797
ISO/DIS 13506-2:—	siehe	DIN EN ISO 13506-2:—*
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025
ISO/TR 11610	siehe	DIN EN ISO 11610*

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 13506-1:2017-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung der Begriffe;
- b) Überarbeitung der Festlegungen zum Wärmestrom;
- c) Aufnahme einer weiblichen Prüfpuppe;

* Zur Zeit im Entwurf.

- d) Überarbeitung der Kalibrierung der Prüfpuppensensoren;
- e) Überarbeitung des Unterabschnitts zur übertragenen Energie und dessen Berechnung;
- f) Überarbeitung des Anhangs B, mit Ergebnissen der laborübergreifenden Prüfdatenanalyse;
- g) Überarbeitung des Anhangs C, zum Kalibrierungs- und Validierungsverfahren.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3175-2, *Textilien — Professionelle Pflege, Chemischreinigung und Nassreinigung von textilen Flächengebilden und Kleidungsstücken — Teil 2: Verfahren zur Prüfung des Verhaltens beim Reinigen und Nachbehandeln unter Verwendung von Perchlorethylen (Tetrachlorethen) (ISO 3175-2:2017, korrigierte Fassung 2019-12)*

DIN EN ISO 6330, *Textilien — Nichtgewerbliche Wasch- und Trocknungsverfahren zur Prüfung von Textilien (ISO 6330:2021)*

DIN EN ISO 6942, *Schutzkleidung — Schutz gegen Hitze und Feuer — Prüfverfahren: Beurteilung von Materialien und Materialkombinationen, die einer Hitze-Strahlungsquelle ausgesetzt sind*

DIN EN ISO 9151, *Schutzkleidung gegen Hitze und Flammen — Bestimmung des Wärmedurchgangs bei Flammeneinwirkung (ISO 9151:2016, korrigierte Fassung 2017-04-01)*

DIN EN ISO 11610, *Schutzkleidung — Begriffe*

DIN EN ISO 13506-2:—, *Schutzkleidung gegen Hitze und Flammen — Teil 2: Vorhersage von Verbrennungsverletzungen der Haut — Berechnungsanforderungen und Prüffälle (ISO/DIS 13506-2:2022); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 13506-2:2022*

DIN EN ISO 11612:2015-11, *Schutzkleidung — Kleidung zum Schutz gegen Hitze und Flammen — Mindestleistungsanforderungen (ISO 11612:2015); Deutsche Fassung EN ISO 11612:2015*

DIN EN ISO 15797, *Textilien — Industrielle Wasch- und Finishverfahren zur Prüfung von Arbeitskleidung (ISO 15797:2017)*

DIN EN ISO/IEC 17025; *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017)*

DIN ISO 5725 (alle Teile), *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Meßverfahren und Meßergebnissen*

Schutzkleidung gegen Hitze und Flammen – Teil 1: Prüfverfahren für vollständige Bekleidung – Messung der Wärmeübertragung unter Verwendung einer sensorbestückten Prüfpuppe (ISO/DIS 13506-1:2023)

Protective clothing against heat and flame – Part 1: Test method for complete garments – Measurement of transferred energy using an instrumented manikin (ISO/DIS 13506-1:2023)

Vêtements de protection contre la chaleur et les flammes – Partie 1: Méthode d'essai pour vêtements complets – Mesurage de l'énergie transférée à l'aide d'un mannequin instrumenté (ISO/DIS 13506-1:2023)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	10
4 Überblick	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Wärmestrom – Energiebilanz des Sensors	13
4.3 Annahmen zum Erreichen des erforderlichen Wärmestroms	14
5 Prüfeinrichtung	14
5.1 Sensorbestückte Prüfpuppe	14
5.2 Körperhaltung der Prüfpuppe	18
5.3 Prüfpuppensensoren	19
5.3.1 Kurzbeschreibung	19
5.3.2 Anzahl der Prüfpuppensensoren	20
5.3.3 Messfähigkeit des Prüfpuppensensors	21
5.3.4 Spezifikation der Prüfpuppensensoren	22
5.3.5 Anordnung der Prüfpuppensensoren	23
5.3.6 Validierung des Wärmestroms der Prüfpuppe	24
5.4 Datenerfassungssystem	26
5.5 Computer-Softwareprogramm	26
5.5.1 Allgemeines	26
5.5.2 Einwirkender Wärmestrom	27
5.5.3 Wärmestrom der Exposition	27
5.5.4 Hitzeschutzfaktor des Schutzes der Prüfpuppe (TMPF)	27
5.5.5 Wärmeübertragung	28
5.6 Flammenexpositionskammer	29
5.6.1 Allgemeines	29
5.6.2 Größe der Kammer	29
5.6.3 Luftströmung in der Kammer	30
5.6.4 Isolierung der Kammer	30
5.6.5 Entlüftungssystem der Kammer	30
5.6.6 Sicherheitsvorrichtungen der Kammer	30
5.7 Brennstoff und Brennstoffversorgungssystem	30
5.7.1 Allgemeines	30
5.7.2 Brennstoff	30
5.7.3 Brennstoffzufuhr und -absperresystem	31
5.7.4 Brennersystem	31
5.8 Bildaufzeichnungsvorrichtung	32
5.9 Sicherheitsprüfliste	33
5.10 Nachweis der Fähigkeiten des Labors	33
6 Probenahme und Prüfstücke	33
6.1 Allgemeines	33
6.2 Anzahl der Prüfstücke	34
6.3 Größe der Prüfstücke	34
6.4 Vorbereitung der Prüfstücke	34
6.4.1 Konditionierung	34
6.4.2 Optionales Waschen	34
6.5 Ausführung des Standard-Bezugskleidungsstücks	35
7 Voraussetzungen für die Anwendung dieses Prüfverfahrens bei Produkten	36

8	Durchführung	36
8.1	Vorbereitung der Prüfeinrichtung	36
8.1.1	Allgemeines	36
8.1.2	Überprüfung der Prüfpuppensensoren	37
8.1.3	Belüftung der Beflammungskammer	37
8.1.4	Bestätigung der sicheren Betriebsbedingungen und des Entzündens der Zündflammen	37
8.1.5	Füllen der Gasleitung	38
8.1.6	Bestätigung der Bedingungen für die Exposition der unbedeckten und der bedeckten Prüfpuppe	38
8.2	Verfahren zur Untersuchung der Prüfstücke	39
8.2.1	Allgemeines	39
8.2.2	Ankleiden der Prüfpuppe	39
8.2.3	Aufzeichnung der Identifikation des Prüfstücks, der Prüfbedingungen und der Beobachtungen zur Prüfung	40
8.2.4	Starten des Bildaufzeichnungssystems	41
8.2.5	Zeiteinstellung für die Erfassung der Wärmeübertragungsdaten	41
8.2.6	Exposition des Prüfstücks	41
8.2.7	Aufzeichnung der Anmerkungen zur Reaktion des Prüfstücks	41
8.2.8	Berechnung des auf die Oberfläche einwirkenden Wärmestroms und der Wärmeübertragung	41
8.2.9	Standbilder	42
8.3	Vorbereitung der nächsten Prüfexposition	42
9	Prüfbericht	42
9.1	Allgemeines	42
9.2	Identifikation des Prüfstücks	43
9.3	Expositionsbedingungen	43
9.4	Ergebnisse für jedes Prüfstück	44
9.4.1	Allgemeines	44
9.4.2	Wärmestromdaten jedes Prüfpuppensensors	44
9.4.3	Hitzeschutzfaktor des Schutzes der Prüfpuppe	44
9.4.4	Wärmeübertragung	44
9.4.5	Weitere optionale Angaben im Bericht	44
9.5	Beobachtungen	44
Anhang A (informativ)	Überlegungen zur Durchführung der Prüfungen und Anwendung der Prüfergebnisse	46
Anhang B (informativ)	Auswertung der Daten des Ringversuches (müssen nach dem Ringversuch aktualisiert werden)	48
Anhang C (normativ)	Kalibrier- und Validierungsverfahren	50
C.1	Grundsätze der Kalibrierung und Validierung	50
C.2	Energiebilanz des Sensors und validierte Sensortechnologien	50
C.3	Kalibrierung und Validierung	51
C.4	Überprüfung des Systems	52
Anhang D (informativ)	Ausrichtung der Brennerhalterung für die Beflammung	54
D.1	Allgemeines	54
D.1.1	Positionierung der Brennerhalterungen und Brenner	55
D.1.2	Expositionen je Halterung	55
D.1.3	Feineinstellung mittels viersekündigen Expositionen der unbedeckten Prüfpuppe	56
D.2	Kalibrierung der Prüfpuppenexposition	56
Anhang E (informativ)	Bestandteile eines Computer-Softwareprogramms	58
E.1	Allgemeines	58
E.2	Zustand und Steuerung des Geräts	58
E.3	Verfahrenssteuerung	58
E.4	Datenerfassung	58
E.5	Berechnungen	59
E.6	Vorbereitung des Prüfberichtes	59
E.7	Unterstützende Programme	59
	Literaturhinweise	60

Bilder

Bild 1 — Energiebilanz der Oberfläche eines Prüfpuppensensors	13
Bild 2 — Beispiel für eine sensorbestückte thermische Prüfpuppe und teilweiser Blick auf die Brenner (Brennersystem)	15
Bild 3 — Jeweilige Lage der Maße	15
Bild 4 — Stellung der Arme	19
Bild 5 — Beispiel für die Lage der Prüfpuppensensoren und ihrer assoziierten Flächen	20
Bild 6 — Beispiel für die Reaktivität des Sensors während der Sensorkalibrierung mit einem typischen stationären Zustand	23
Bild 7 — Berechnungszeitraum für den Wärmestrom bei einer 4 s dauernden Exposition der unbedeckten Prüfpuppe zu deren Validierung	24
Bild 8 — Beispiel für eine Exposition der unbedeckten Prüfpuppe, bei der sämtliche Sensoren grau und der Durchschnitt der Gesamtexposition der Prüfpuppe schwarz dargestellt sind	25

Tabellen

Tabelle 1 — Maße für eine Prüfpuppe in Gestalt eines männlichen Erwachsenen ¹	16
Tabelle 2 — Maße für eine Prüfpuppe in Gestalt eines weiblichen Erwachsenen ¹	17
Tabelle 3 — Verteilung der Sensoren	21
Tabelle 4 — Mögliche Bezugskleidungsstücke	35
Tabelle B.1 — Während des Ringversuches geprüfte Kleidungsstücke	48
Tabelle B.2 — Zusammenfassung der Präzision der an der sensorbestückten Prüfpuppe durchgeführten Prüfung	49
Tabelle C.4 — Überprüfung des Systems	52
Tabelle D.1 — Beispiel für eine gute Wärmestromverteilung für eine 4 s dauernde Beflammung einer unbedeckten Prüfpuppe	54
Tabelle D.2 — Beispiel: — Rechter Arm und Brust und Unterleib werden nicht gut beflammt	56
Tabelle D.3 — Beispiel: Brust und Unterleib werden nicht gut beflammt	56

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 13506-1:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 94 „Personal safety — Protective clothing and equipment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 162 „Schutzkleidung einschließlich Hand- und Armschutz und Rettungswesten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 13506-1:2017 ersetzen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 13506-1:2023 wurde von CEN als prEN ISO 13506-1:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 94, *Personal safety — Protective clothing and equipment*, Unterkomitee SC 13, *Protective clothing*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 13506-1:2017), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Überarbeitung der Begriffe (Abschnitt 3);
- Wärmestrom, Anforderungen und Definition (Abschnitt 4 und Abschnitt 5);
- weibliche Prüfpuppe (Abschnitt 5 und restliches Dokument);
- Kalibrierung der Prüfpuppensensoren (Abschnitt 5);
- Symmetrie des Wärmestroms (Abschnitt 5);
- Hitzeschutzfaktor des Schutzes der Prüfpuppe (TMPF, en: Thermal Manikin Protection Factor) (Abschnitt 5);
- Wärmeübertragung und deren Berechnung (Abschnitt 5);
- Ergebnisse der Auswertung von Daten aus einem Ringversuch (Anhang B);

— Kalibrier- und Validierungsverfahren (Anhang C).

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 13506 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Der Zweck von hitze- und flammbeständiger Schutzkleidung ist es, den Träger vor Gefährdungen zu schützen, die Hautverbrennungen verursachen können. Die Schutzkleidung besteht aus einem Material oder mehreren Materialien. Die Bewertung der Materialien, die potentiell bei dieser Art von Schutzkleidung eingesetzt werden, umfasst üblicherweise zwei Schritte. Zunächst werden die Materialien auf ihre Fähigkeit geprüft, die Flammenausbreitung einzuschränken. Anschließend werden sie auf ihre Wärmeübertragungsrate geprüft, wenn sie einer bestimmten Gefährdung ausgesetzt sind. Bei diesen zwei Schritten werden unterschiedliche Prüfverfahren auf dem Laborprüfstand angewandt. Prüfverfahren auf dem Laborprüfstand ermöglichen die Prüfung von textilen Flächengebilden, Nähten, Reißverschlüssen, Taschen, Abzeichen, Knöpfen oder anderen Verschlüssen, Metall- oder Kunststoffklemmen oder anderen Ausführungsmerkmalen, die an einer vollständigen Bekleidung vorkommen können. Wenn geeignete Materialien bestimmt wurden, werden aus ihnen vollständige Bekleidungen oder Ensembles hergestellt. Die allgemeine Gestaltung und Leistungsfähigkeit des Kleidungsstücks kann mit einem Prüfpuppen-Brandbeanspruchungssystem beurteilt werden. Dieses Prüfverfahren ist nicht dazu ausgelegt, die Materialeigenschaften direkt zu messen, sondern es bewertet die Wechselwirkungen zwischen dem Materialverhalten und der Ausführung des Kleidungsstückes.

Nach diesem Prüfverfahren wird eine unbewegliche, aufrecht stehende (männliche oder weibliche) lebensgroße Prüfpuppe vollständig eingekleidet und für eine vorgeschriebene Dauer der Simulation eines Feuers im Labor mit gesteuertem Wärmestrom und gesteuerter Dauer und Flammenverteilung ausgesetzt. Der auf die Außenseite des Kleidungsstückes durchschnittlich einwirkende Wärmestrom beträgt 84 kW/m^2 – ein Wert, der den in ISO 9151, ISO 6942 und ISO 17492 angewendeten Werten ähnelt. Der von den Prüfstücken gebotene Schutz wird anhand von quantitativen Messungen und Beobachtungen bewertet. Mit den an der Oberfläche der Prüfpuppe angebrachten Wärmestromsensoren werden die zeit- und ortsabhängigen Schwankungen des Wärmestromes an der Prüfpuppe gemessen und die während der Datenerfassungsdauer absorbierte Gesamtwärme bestimmt. Der Zeitraum der Datenerfassung wird so ausgewählt, dass sichergestellt ist, dass die gesamte Wärmeübertragung stattgefunden hat. Diese Messungen sind zur Voraussage von Hautverbrennungen geeignet (siehe ISO 13506-2).

Bei den Feuersimulationen handelt es sich um dynamische Simulationen. Der aus der Exposition resultierende Wärmestrom ist weder konstant noch über die Oberfläche der Prüfpuppe/Kleidungsstücke einheitlich. Unter diesen Bedingungen sind Ergebnisse mit einer größeren Schwankungsbreite als bei unter sorgfältig kontrollierten Bedingungen durchgeführten Prüfstandsprüfungen zu erwarten (Ergebnisse aus Ringversuchen sind in Anhang B enthalten).

Der Sitz der Kleidung an der Puppe ist von Bedeutung. Variationen in der Ausführung des Kleidungsstückes und der Art, wie die Prüfpuppe angekleidet wird, können die Prüfergebnisse beeinflussen. Von dem Labor wird aus dem vom Hersteller bereitgestellten Größenbereich ein Prüfkleidungsstück oder Prüfstück mit einer Größe, die der Prüfpuppe des Labors richtig passt, ausgewählt. Unterschiede in der Passform der zu prüfenden Kleidung, die beim Sitzen, beim Beugen oder bei Bewegungen auftreten können, werden nicht bewertet.

Die meisten Prüfpuppen haben keine Sensoren an Händen und Füßen, es besteht jedoch die Möglichkeit, in Abhängigkeit von der spezifischen Ausführung der Hände einige Aspekte des Handschutzes zu beurteilen. Alle Prüfpuppen enthalten Wärmestromsensoren in ihrem Kopf. Der Grund hierfür liegt in der Tatsache, dass zahlreiche Oberbekleidungsstücke über eine integrierte Kapuze, nicht jedoch über integrierte Handschuhe oder integriertes Schuhwerk verfügen. Prüfungen von Handschuhen und Schuhwerk werden in anderen ISO-Dokumenten für spezifische Endanwendungen behandelt.

Die Komitees ISO/TC 94, SC 13 und SC 14, und das Europäische Komitee für Normung (CEN/TC 162) legen das in diesem Dokument beschriebene Verfahren als optionalen Teil der Normen ISO 11999-3 und EN 469 [11] für Feuerwehreinsatzkräfte und als optionalen Teil der ISO 11612 für Industrieschutzkleidung zum Schutz gegen Hitze und Flammen fest. Die Nationale Brandschutzbehörde der USA (NFPA, en: National Fire Protection Association) legt im Rahmen des Zertifizierungsprozesses von Kleidungsstücken ein Prüfverfahren fest, das dem in diesem Dokument beschriebenen ähnlich ist (siehe NFPA 2112 [13]).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Gesamtanforderungen, Einrichtungen und Berechnungsverfahren fest, mit denen Ergebnisse erhalten werden, die zur Bewertung der Leistungsfähigkeit vollständiger Bekleidungen oder Schutzkleidungsensembles verwendet werden können, die einer Beflammung von kurzer Dauer ausgesetzt sind.

Dieses Prüfverfahren legt ein Bewertungssystem zur Charakterisierung des Hitzeschutzes fest, der von einlagigen und mehrlagigen, aus flammbeständigen Materialien bestehenden Kleidungsstücken bereitgestellt wird. Die Bewertung beruht auf der Messung der Wärmeübertragung auf eine lebensgroße Prüfpuppe, die bei einer Brandsimulation in einem Labor mit kontrolliertem Wärmestrom sowie kontrollierter Dauer und Flammenverteilung Konvektions- und Strahlungswärme ausgesetzt wird. Die Daten der Wärmeübertragung werden über einen vorgeschriebenen Zeitraum addiert, um das Ergebnis für die gesamte Wärmeübertragung zu erhalten. Bewertungsverfahren für die Wärmeübertragung und den Hitzeschutzfaktor des Schutzes der Prüfpuppe (TMPF) ermöglichen die Quantifizierung der Produktleistung.

Der Wärmestrom der Exposition ist auf eine Nennstärke von 84 kW/m^2 und je nach Risikobewertung und Erwartungen an die Wärmeisolationseigenschaft des Kleidungsstücks auf eine Dauer von 3 s bis 20 s begrenzt.

Die erhaltenen Messwerte gelten nur für die jeweiligen geprüften Kleidungsstücke oder Kleidungsensembles und nur für die festgelegten Bedingungen jeder Prüfung, insbesondere in Hinblick auf den Wärmestrom, die Expositionsdauer und die Flammenverteilung.

Dieses Prüfverfahren erfordert eine Bewertung durch Sichtprüfung, Beobachtung, Untersuchung und Dokumentierung des Gesamtverhaltens des Prüfstücks/der Prüfstücke vor, während und nach der Exposition. Die Auswirkungen von Körperhaltung und Bewegung sind nicht Gegenstand dieses Prüfverfahrens.

Die Wärmestrommessungen können auch zur Berechnung der voraussichtlichen Hautverbrennungen aufgrund der Exposition verwendet werden (siehe ISO 13506-2).

Dieses Prüfverfahren simuliert weder starke Strahlungsbeanspruchung, wie sie bei einer Kurzschlusslichtbogenexposition oder bei einigen Arten der Flammenexposition mit flüssigen oder festen Brennstoffen auftreten können, noch Expositionen durch nukleare Explosionen.

ANMERKUNG Dieses Prüfverfahren ist komplex und erfordert sowohl beim Prüfaufbau als auch bei der Durchführung der Prüfung einen hohen Grad an technischem Sachverstand. Selbst geringfügige Abweichungen von den Anweisungen können bei diesem Prüfverfahren zu signifikant unterschiedlichen Prüfergebnissen führen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3801, *Textiles — Woven fabrics — Determination of mass per unit length and mass per unit area*

ISO 6942, *Protective clothing — Protection against heat and fire — Method of test: Evaluation of materials and material assemblies when exposed to a source of radiant heat*

ISO/TR 11610, *Protective clothing — Vocabulary*

ISO/DIS 13506-2:—, *Protective clothing against heat and flame — Part 2: Skin burn injury prediction — Calculation requirements and test cases*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/TR 11610 und die folgenden Begriffe.

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

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

absorbierte Wärme

Q_{net}

Nettowert der *Wärme* (3.7), die bei *einwirkender Wärme* (3.16) von dem Sensor, der jegliche Arten des Wärmeübergangs in die Sensoroberfläche erfasst, aufgenommen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Energiebilanz, die für jede Sensorart spezifische Verluste einschließt, ist in den jeweiligen Dokumenten zu der Sensortechnologie angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe 4.2, Bild 1, für eine schematische Darstellung dieses Begriffs.

3.2

assoziierte Fläche

Fläche der Körperregion je Sensor

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Tabelle 3.

3.3

Datenerfassungsdauer

Zeit, in der die Datenaufzeichnung während einer Prüfung erfolgt

3.5

Datenberechnungszeitraum

festgelegte Zeit, in der die Daten für Berechnungen genutzt werden

3.6

Konditionierung

Aufbewahren von Proben über einen Mindestzeitraum unter genormten Bedingungen von Temperatur und relativer Luftfeuchte

3.7

Wärme

Wärmestrom (3.13), der über einen festgelegten Zeitraum integriert und mit der *assoziierten Fläche* (3.2) multipliziert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wärme wird in Joule (J) angegeben.

3.8

Expositionsdauer/Expositionszeit

Zeit ab der ersten Öffnung der Ventile, die dem Brenner am nächsten liegen, bis zum Schließen dieser Ventile (8.2.6)

3.9

Wärmestrom der Exposition

einwirkender Wärmestrom, gemittelt über alle Prüfpuppensensoren während des Datenberechnungszeitraums

3.10

Feuer

rascher Oxidationsprozess, der sich aus der chemischen Reaktion von Brennstoff und Sauerstoff ergibt und zu einer Entwicklung von Licht, Wärme und Verbrennungsprodukten in wechselnden Intensitäten führt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Brennstoff kann in Form eines Feststoffes, Staubes, Aerosols oder Gases eines entzündbaren Stoffes vorliegen. Das Feuer dauert so lange an, wie ein brennbares Gemisch aus Brennstoff und Luft vorhanden ist.

3.11

Flammenverteilung

räumliche Verteilung der Beflammung durch die Brenner der Prüfeinrichtung, die einen gesteuerten *Wärmestrom der Exposition* (3.9) über die Oberfläche der Prüfpuppe bewirkt

3.12

Größenzugabe

Größenunterschied zwischen Körpermaßen (der Prüfpuppe) und Bekleidungsmaßen

3.13

Wärmestrom

Wärme, die durch einen senkrecht zum Wärmestrom ausgerichteten Oberflächenbereich dringt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wärmestrom wird in kW/m^2 angegeben. Für jede Umrechnung von $(\text{k})\text{W/m}^2$ in $\text{cal/cm}^2\cdot\text{s}$ ist folgendes Verhältnis anzuwenden: $4,184 \text{ J} = 1 \text{ cal}$.

3.13.1

absorbierter Wärmestrom

Nettowert des *Wärmestroms* (3.13), der bei *einwirkendem Wärmestrom* (3.13.2) von dem Sensor, der jegliche Arten des Wärmeübergangs in die Sensoroberfläche erfasst, aufgenommen wird

3.13.2

einwirkender Wärmestrom

Wärmestrom (3.13), dem ein Prüfgegenstand oder ein Sensor ausgesetzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Auf Prüfpuppensensoren einwirkender Wärmestrom siehe Bild zur Energiebilanz (4.2).

3.14

gesamter einwirkender Wärmestrom

Mittelwert des *einwirkenden Wärmestroms* (3.13.2) eines festgelegten Satzes *Prüfpuppensensoren* (3.15) über einen festgelegten Zeitraum

3.15

Wärmestromsensor/Prüfpuppensensor

Gerät, das den Anforderungen dieses Dokumentes entspricht und in der Lage ist, den unter Prüfbedingungen auf die Oberfläche der Prüfpuppe auftreffenden *Wärmestrom* (3.13) zu messen oder Daten zu erzeugen, die zur Berechnung des Wärmestromes verwendet werden können

3.16

einwirkende Wärme

Wärme (3.7), der ein Sensor während einer *Exposition der unbedeckten Prüfpuppe* (3.18) ausgesetzt ist

3.16.1

gesamte einwirkende Wärme

Summe der *einwirkenden Wärme* (3.16) an einem festgelegten Satz *Prüfpuppensensoren* (3.15) während der Exposition der unbedeckten Prüfpuppe in dem festgelegten Zeitraum

3.17

sensorbestückte Prüfpuppe

Modell eines (männlichen oder weiblichen) Menschen in Erwachsenengröße, dessen Oberfläche mit *Prüfpuppensensoren* (3.15) bestückt ist

3.18

Exposition der unbekleideten Prüfpuppe

Prüfung, die an der unbedeckten Oberfläche der sensorbestückten Prüfpuppe durchgeführt wird

3.19

maximal absorbierter Wärmestrom

höchster Wert des *absorbierten Wärmestromes* (3.13.1), der anhand des während der Prüfung aufgezeichneten Ergebnisses eines *Prüfpuppensensors* (3.15) berechnet wird

3.20

Wärmeübertragung

von einem einzelnen Sensor unter dem Prüfgegenstand *absorbierte Wärme* (3.1)

Anmerkung 1 zum Begriff: Jeder Prüfpuppensensor gehört zu einer *assoziierten Fläche* (3.2). Es wird davon ausgegangen, dass die an jedem Prüfpuppensensor gemessene Wärmeübertragung über diese assoziierte Fläche einheitlich ist. Bei einigen Prüfpuppen sind die Sensoren so angeordnet, dass jedem Prüfpuppensensor die gleiche Fläche zugeordnet ist, bei anderen ist dies jedoch nicht der Fall.

3.20.1

gesamte Wärmeübertragung

Summe der *Wärmeübertragung* (3.20) auf einen festgelegten Satz bedeckter *Prüfpuppensensoren* (3.15) während des *Datenberechnungszeitraums* (3.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die gesamte Wärmeübertragung kann sich entweder auf die gesamte bedeckte Oberfläche der Prüfpuppe oder auf einen bestimmten bedeckten Bereich der Prüfpuppe beziehen.

3.21

Hitzeschutzfaktor des Schutzes der Prüfpuppe

TMPF, en: thermal manikin protection factor

Faktor, der die Gesamtleistung des Schutzkleidungsstücks oder -ensembles in Abhängigkeit von der Exposition und der Masse des Prüfstücks angibt

4 Überblick

4.1 Allgemeines

Das Verfahren bewertet die Hitzeschutzleistung des Prüfstücks, das entweder ein Kleidungsstück oder ein Ensemble ist. Die Schutzleistung hängt sowohl von den Materialeigenschaften als auch der Ausführung ab. Der durchschnittliche einwirkende Wärmestrom beträgt 84 kW/m^2 bei einer Expositionsdauer von 3 s bis 20 s.

Die Leistungsnorm muss alle erforderlichen Randbedingungen der Prüfung angeben, darunter u. a. die Kriterien für das Bestehen/Nichtbestehen der Prüfung, die Expositionszeit, die Vorbereitung des zu prüfenden Kleidungsstücks, die Mindestanzahl an zu untersuchenden Prüfständen usw. (siehe Abschnitt 7).

Das konditionierte Prüfstück wird einer unbeweglichen aufrecht stehenden lebensgroßen Prüfpuppe angezogen und der Laborsimulation eines Feuers, dessen Wärmestrom, Dauer und Flammenverteilung gesteuert sind, ausgesetzt. Das Prüfverfahren, die Datenerfassung, die Berechnungen der Ergebnisse und die Erarbeitung des Prüfberichts erfolgen unter Verwendung von Computer-Hardware und von Softwareprogrammen.

Die während und nach der Exposition durch das Prüfstück hindurch übertragene Wärme wird durch Prüfpuppensensoren gemessen. [15] [16] Diese Messwerte müssen zur Berechnung der gesamten Wärmeübertragung auf die Oberfläche der Prüfpuppe verwendet werden.

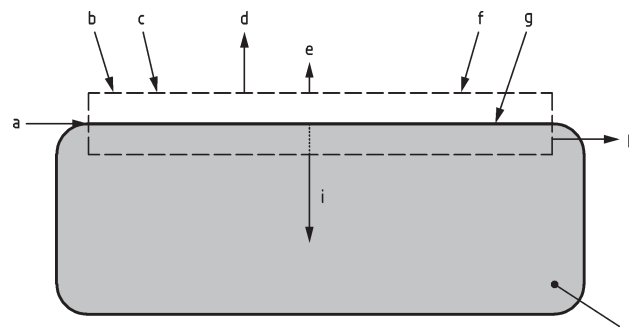
ANMERKUNG 1 Die Ergebnisse werden zur Berechnung des durch die Exposition entstandenen Grades der vorhergesagten Hautverbrennungen sowie des Gesamtbereiches der vorhergesagten Hautverbrennungen verwendet, wie in ISO 13506-2 beschrieben. Die Angabe der vorhergesagten Hautverbrennungen wird zur Berechnung des Hitzeschutzfaktors des Schutzes der Prüfpuppe verwendet.

Die Identifikation des Prüfkleidungsstückes, die Prüfbedingungen, Anmerkungen und Reaktion des Prüfstücks auf die Exposition werden aufgezeichnet und in den Prüfbericht aufgenommen. Die Leistungsfähigkeit des Prüfstücks wird durch die berechnete gesamte Wärmeübertragung durch das Prüfstück während der Datenerfassungsdauer, den Hitzeschutzfaktor des Schutzes der Prüfpuppe (TMPF) und durch die Art, wie es auf die Exposition reagiert, angegeben.

ANMERKUNG 2 Dieses Prüfverfahren kann auch für andere Zwecke verwendet werden, beispielsweise für die Forschung im Bereich von Stoffen und Bekleidungsausführungen, einen Vergleich von Kleidungsensembles oder die Beurteilung von Kleidungsstücken oder Kleidungsensembles im Hinblick auf bestimmte Anwendungen oder Normen oder Spezifikationen zur Endnutzung.

4.2 Wärmestrom – Energiebilanz des Sensors

Wenn Wärme von Flammen auf einen Prüfpuppensensor trifft, ist das Verständnis des Sensors – und seiner Energiebilanz für Konvektions- und Strahlungswärme auf die Oberfläche des Prüfpuppensensors sowie der Verluste – von grundlegender Bedeutung, um die richtigen Kalibriertechniken anzuwenden und die entsprechende Korrektur vorzunehmen (Anhang C). Die mit Wärme verbundenen Einträge in Abschnitt 3 sind in Zusammenhang mit Bild 1 besser verständlich. Wenn ein Kleidungsstück den Sensor bedeckt oder den Sensor gar berührt, gilt eine Reihe weiterer Faktoren, die in C.3 ausführlicher beschrieben sind.



- a Kontrollfläche
- b $q_{inc, radiant}$
- c $q_{inc, radiant walls}$
- d $q_{inc, radiant reflected}$
- e $q_{emitted, radiant}$
- f $q_{convection}$
- g $T_{surface}$
- h q_{losses}
- i q_{net}
- j Sensoroberfläche

Bild 1 — Energiebilanz der Oberfläche eines Prüfpuppensensors

$$q_{net} = \alpha q_{inc, radiant} + \alpha q_{inc, radiant, walls} + q_{inc, convective} - q_{radiant, emitted} - q_{losses} \quad (1)$$

Dabei ist

q_{net} der Nettowert des von der Oberfläche absorbierten Wärmestroms;

α	der Absorptionsgrad der Oberfläche;
$q_{\text{inc, radiant}}$	der auf die Sensoroberfläche auftreffende Strahlungswärmestrom von der Flamme;
$q_{\text{inc, radiant, walls}}$	der auf die Sensoroberfläche auftreffende Strahlungswärmestrom von den Wänden;
$q_{\text{inc, convective}}$	die auf die Sensoroberfläche auftreffende Konvektionswärme von der Flamme [$h(T_{\text{flame}} - T_{\text{surface}})$]; dabei ist h der Konvektionswärmeübergangskoeffizient, $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;
$q_{\text{radiant, emitted}}$	der von der Sensoroberfläche zu der Flamme und in die Umgebung abgestrahlte Strahlungswärmestrom ($\varepsilon \sigma T^4$; dabei ist $\varepsilon = \alpha$ [Kirchhoffsches Strahlungsgesetz], σ = Stefan-Boltzmann-Konstante; T wird in K angegeben);
q_{losses}	die Wärmeverluste von der Seite und der Rückseite des Sensors aufgrund seiner Befestigung an der Außenhaut der Prüfpuppe (für jede Sensortechnologie individuell).

Der reflektierte Teil $q_{\text{inc, radiant}}$ in Bild 1 erwärmt die Sensoroberfläche nicht. Die Größe ist der Vollständigkeit der Wärmeströme zwischen Flamme und Sensoroberfläche halber in Bild 1 enthalten. Die reflektierte Menge ist $(1 - \alpha) q_{\text{inc, radiant}}$.

4.3 Annahmen zum Erreichen des erforderlichen Wärmestroms

Für diese Prüfung werden zur Berechnung des einwirkenden Wärmestroms folgende Bedingungen angenommen:

- die Wärme setzt sich zu 60 % aus Strahlungswärme und zu 40 % aus Konvektionswärme zusammen (Kemp et al.) [18];
- die Temperatur der auf die Prüfpuppe einwirkenden Flamme beträgt $1\,100\,^\circ\text{C}$;
- der Farbüberzug für die Oberfläche des Wärmesensors weist einen Wert α von 0,9 auf.

ANMERKUNG Unterschiedliche Sensoren reagieren unterschiedlich auf die einwirkende Wärme (etwa 40 % Konvektionswärme bei Exposition der unbedeckten Prüfpuppe). Korrekturen der absorbierten Wärme unter dem Prüfstück müssen angemessen vorsichtig vorgenommen werden, weil der Luftspalt zwischen der Innenseite des Kleidungsstücks und dem Sensor und die Verteilung des Wärmestroms (Leitung, Strahlung und Konvektion) bekannt ist und zu einem höheren oder niedrigeren Schutzwert führen könnte, der dem Stoff oder dem Ensemble zugeordnet wird.

5 Prüfeinrichtung

5.1 Sensorbestückte Prüfpuppe

Es muss eine aufrecht stehende Prüfpuppe in der Größe und Form eines weiblichen oder männlichen Erwachsenen verwendet werden (siehe Bild 2). Die Prüfpuppe muss aus Kopf, Brust/Rücken, Unterleib/Gesäß, Armen, Händen, Beinen und Füßen bestehen. Für die männliche Körperform sind in Tabelle 1 und für die weibliche Körperform sind in Tabelle 2 repräsentative Maße angegeben. Bild 3 enthält eine Legende zur jeweiligen Lage der Maße.

Die Arme sollten an den Schultern in einem ausreichenden Bogen rotieren können, um das An- und Ausziehen von Kleidungsstücken zu erleichtern.

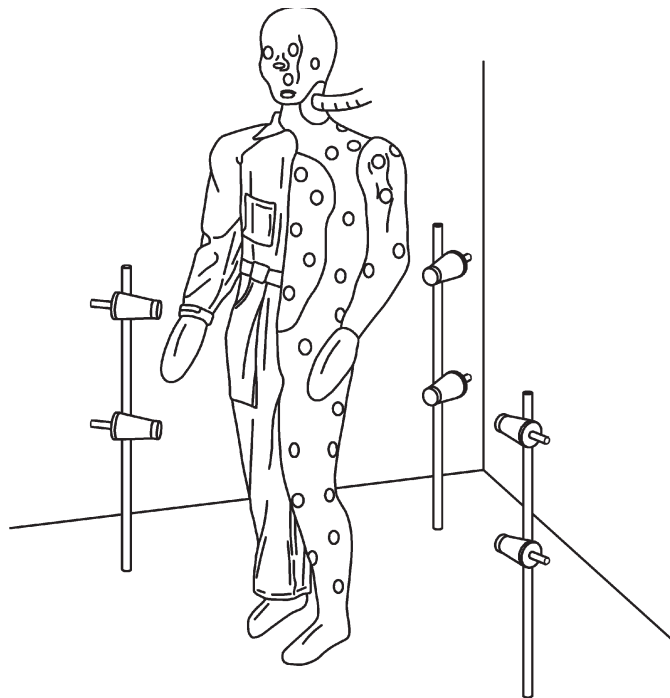
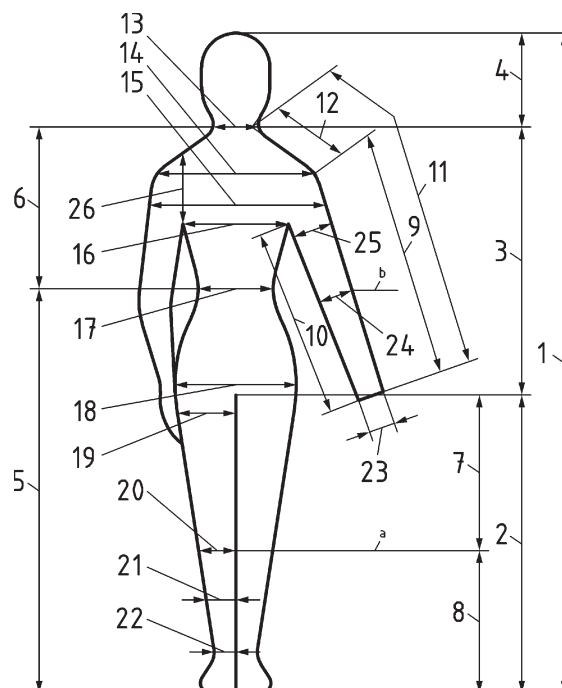


Bild 2 — Beispiel für eine sensorbestückte thermische Prüfpuppe und teilweiser Blick auf die Brenner (Brennersystem)

ANMERKUNG 1 In Bild 2 sind nicht alle Brenner, sondern nur sechs Brenner dargestellt (siehe 5.7.4).



- a Kniehöhe
b Ellenbogenhöhe

Bild 3 — Jeweilige Lage der Maße

ANMERKUNG 2 Die sensorbestückte Prüfpuppe entspricht den in Tabelle 1 (männliche Körperform) und Tabelle 2 (weibliche Körperform) angegebenen Maßen. Die in Bild 3 angegebenen Nummern verweisen auf die in beiden Tabellen angegebenen entsprechenden Maße.

Tabelle 1 — Maße für eine Prüfpuppe in Gestalt eines männlichen Erwachsenen¹

Nr.	Beschreibung der männlichen Prüfpuppe	Maße mm	Grenz- abweichung mm
1	Körpergröße/Gesamthöhe	1 810	±60
2	Schritthöhe, von der Ferse	880	±75
3	Rumpf (vom Nacken zum Schritt und wieder hinauf zur Vorderseite des Halses)	1 560	±60
4	Kopfhöhe einschließlich Nacken	255	±45
5	Taillenhöhe, von der Ferse	1 125	±50
6	Schlüsselbein zur Taille	480	±70
7	Schritt zum Knie	330	±45
8	Kniehöhe, stehend	530	±70
9	Oberseite der Schulter zum Handgelenk längs des Arms	585	±75
10	Ärmel-Innennaht	470	±40
11	Ärmellänge, 3-Punkt-Messung vom Schlüsselbein zum Handgelenk	785	±65
12	Schulterlänge (von der Nackenbasis zum Armloch)	170	±75
13	Halsumfang	420	±60
14	Schulterbreite (von einer Schulter wieder zurück zur anderen Schulter)	500	±90
15	Brustweite (100 mm nach unten)	475	±95
16	Brustumfang, an den Achseln	995	±105
17	Taillenumfang	870	±25
18	Hüftumfang, maximal	1 015	±15
19	Schenkelumfang knapp unter dem Gesäß	590	±40
20	Knieumfang	390	±50
21	Wadenumfang	400	±30
22	Knöchelumfang	280	±30
23	Handgelenkumfang	205	±30
24	Ellenbogenumfang	290	±25
25	Oberarmumfang, am Mittelpunkt	320	±35
26	Schulterumfang	410	±50
<p>1 ANMERKUNGPrüfpuppen, die diese Anforderungen erfüllen, sind verfügbar bei:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Composites USA, 1 Peninsula Drive, Northeast, Maryland, USA. Tel.: +1 302 834 7712; — Precision Products LLC, 7400 Whitepine Road, Richmond, Virginia, USA, Tel.: +1 804 561 0777; — Thermetrics, LLC, 4220 – 24th Avenue West, Seattle, WA 98199, USA; — MYAC Consulting Inc., 23046 Township Road 514, Sherwood Park, AB, T8B 1K9, Kanada. <p>Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung Dokuments und bedeutet keine Anerkennung durch ISO. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu den gleichen Ergebnissen führen.</p>			

Tabelle 2 — Maße für eine Prüfpuppe in Gestalt eines weiblichen Erwachsenen¹

Nr.	Beschreibung der weiblichen Prüfpuppe	Maße mm	Grenz- abweichung mm
1	Körpergröße/Gesamthöhe	1 640	±50
2	Schritthöhe, von der Ferse	775	±30
3	Rumpf (vom Nacken zum Schritt und wieder hinauf zur Vorderseite des Halses)	1 520	±50
4	Kopfhöhe einschließlich Nacken	220	±45
5	Tailenhöhe, von der Ferse	1 010	±40
6	Schlüsselbein zur Taille	395	±50
7	Schritt zum Knie	340	±30
8	Kniehöhe, stehend	455	±30
9	Oberseite der Schulter zum Handgelenk längs des Arms	575	±30
10	Innennaht Arm	425	±20
11	Ärmellänge, 3-Punkt-Messung vom Schlüsselbein zum Handgelenk	705	±65
12	Schulterlänge (von der Nackenbasis zum Armloch)	125	±40
13	Halsumfang	370	±30
14	Schulterbreite (von einer Schulter wieder zurück zur anderen Schulter)	420	±60
15	Brustweite (100 mm nach unten)	380	±80
16	Brustumfang, an den Achseln	955	±60
17	Tailenumfang	820	±60
18	Hüftumfang, maximal	1 020	±50
19	Schenkelumfang knapp unter dem Gesäß	615	±40
20	Knieumfang	385	±30
21	Wadenumfang	345	±30
22	Knöchelumfang	240	±25
23	Handgelenkumfang	165	±20
24	Ellenbogenumfang	260	±20
25	Oberarmumfang, am Mittelpunkt	300	±20
26	Schulterumfang	1 065	±40
ANMERKUNG Diese Tabelle stellt eine Zusammenstellung von Informationen, die von vorhandenen weiblichen Prüfpuppen stammen, und physiologischen Daten von weiblichen Arbeitern dar.			

Die Prüfpuppe muss aus flammbeständigen, thermostabilen nichtmetallischen Werkstoffen wie z. B. Keramik oder glasfaserverstärktem Vinylesterharz hergestellt sein, die nicht zum Verbrennungsprozess beitragen. Die Dicke der Außenhaut muss mit Ausnahme bestimmter Bereiche (z. B. Gelenke) mindestens 3 mm und höchstens 12 mm betragen.

ANMERKUNG 3 Die Dicke der Prüfpuppe hängt von den strukturellen Anforderungen ab, die notwendig sind, um eine stabile physische Form in Bezug auf die thermischen Eigenschaften des Werkstoffs der Prüfpuppe zu erhalten, und in der Vergangenheit wurde beobachtet, dass diese eher die Funktionsfähigkeit der Prüfpuppe als die Vergleichspräzision

von Ergebnissen beeinflusst. Es wurde beispielsweise festgestellt, dass die Variationen der Dicke der Prüfpuppe aufgrund unterschiedlicher thermischer Beanspruchungen, die das Risiko der Rissbildung erhöhen, deren Haltbarkeit beeinflussen. Darüber hinaus benötigt die Prüfpuppe mit zunehmender Dicke mehr Zeit zum Abkühlen. Die Prüfpuppe weist eine hohle Struktur auf, in der sich die elektrische Verkabelung der Sensoren befindet.

Die Prüfpuppe darf nicht aus einem Material bestehen, das durch Feuchte oder jegliche Reinigungsflüssigkeiten (z. B. Wasser, Aceton usw.), die zur Reinigung der Prüfpuppensensoren verwendet werden dürfen, Schaden nehmen könnte.

5.2 Körperhaltung der Prüfpuppe

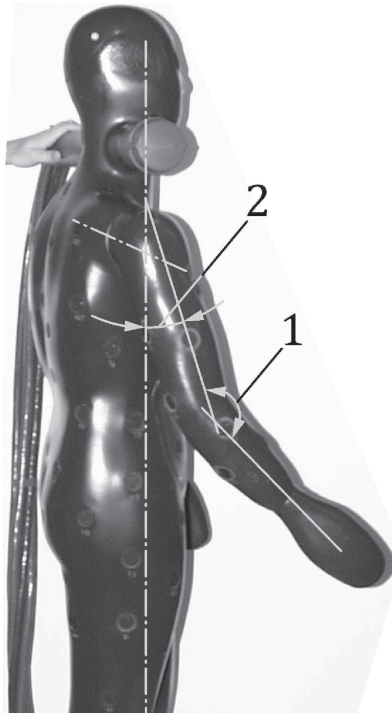
Für die Prüfpuppe ist ein System, das eine reproduzierbare Ausrichtung ermöglicht, erforderlich.

ANMERKUNG 1 Dies kann durch Verwendung von Positionierbolzen im Boden, eines tragbaren starren Positionierrahmens und/oder eines licht- oder lasergestützten Positioniersystems für die vertikale Ausrichtung und die Ausrichtung der Arme bestehen.

Der Ellenbogenwinkel zwischen Ober- und Unterarm (siehe Bild 4) muss in dem Bereich zwischen 150° und 165° eingestellt werden. Der Winkel der Schulter (siehe Bild 4) muss in dem Bereich zwischen 25° und 35° von der Mittellinie der Prüfpuppe eingestellt werden. Diese Winkel gelten für alle Expositionen der Prüfpuppe (im unbedeckten Zustand und mit angelegten Prüfgegenständen). Referenzlinien und -winkel sind in Bild 4 angegeben. Die Beine der Prüfpuppe dürfen unbeweglich sein. Eine leichte Drehung des Rumpfes gegenüber den Beinen ist zulässig. Der Winkel der Beine zur Mittellinie beträgt weniger als 10° und die Knöchel weisen einen Abstand von etwa 120 mm bis 250 mm zueinander auf.

ANMERKUNG 2 Klebeband kann verwendet werden, um die Reibung der Armgelenke zu erhöhen und sicherzustellen, dass sie während der Exposition ihre Position beibehalten.¹

1 Ein Beispiel für ein geeignetes, kommerziell erhältliches Klebeband ist Gore® Joint Sealant. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung des genannten Produkts durch ISO. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu den gleichen Ergebnissen führen.



Legende

- 1 Winkel zwischen Oberarm und Unterarm
- 2 Winkel zwischen der Linie Schulter zu Hüfte und Schulter zu Ellenbogen

Bild 4 — Stellung der Arme

5.3 Prüfpuppensensoren

5.3.1 Kurzbeschreibung

Für das Messsystem müssen Prüfpuppensensoren verwendet werden, die Daten erzeugen, die zur Messung des absorbierten Wärmestroms (q_{net}) und zur Berechnung des einwirkenden Wärmestroms an der Oberfläche unter Prüfbedingungen verwendet werden können. Die Messung des einwirkenden Wärmestromes wird dazu verwendet, die Expositionsbedingungen für die Prüfung (Exposition der unbedeckten Prüfpuppe) zu erzeugen. Der absorbierte Wärmestrom wird zur Berechnung der Wärmeübertragung auf das Prüfstück verwendet.

Jeder Prüfpuppensensor gehört zu einer assoziierten Fläche auf der Prüfpuppe. Wenn in der Sensoranordnung Sensoren mit gleichmäßiger Verteilung der Sensorbereiche vorhanden sind, wird der Wärmestrom bei gleicher Verteilung jedes Sensors berechnet. Wenn ein Prüfpuppensystem Sensoren mit ungleichmäßiger Verteilung der Sensorbereiche aufweist, müssen bei der Berechnung des Wärmestroms die Daten nach den jeweiligen Bereichen gewichtet werden.

Die assoziierte Fläche jedes Prüfpuppensensors muss durch Bestimmung von Punkten zu den umliegenden Sensoren ermittelt werden. Diese Punkte werden mit geraden Linien auf der gekrümmten Oberfläche der Prüfpuppe verbunden. Die Fläche, die sich so um einen bestimmten Prüfpuppensensor ergibt, ist dessen assoziierte Fläche (siehe Bild 5). Die Prüfpuppensensoren können so ausgeführt sein, dass jede assoziierte Fläche ungefähr denselben Wert hat. Die Prüfergebnisse enthalten sowohl die Ergebnisse der einzelnen Sensoren als auch den berechneten Durchschnitt der Körperteile der Prüfpuppe. Die Anzahl der Sensoren je Zone muss ausreichend sein, um die Leistungsfähigkeit des Kleidungsstückes beschreiben zu können.

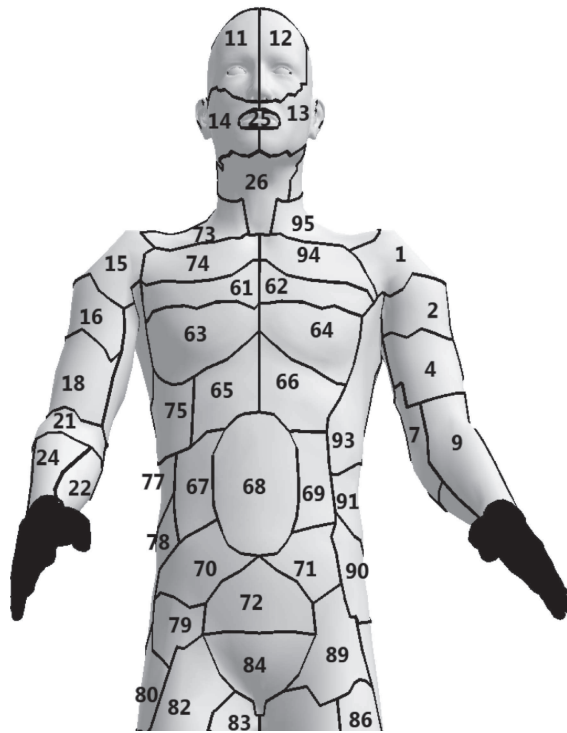


Bild 5 — Beispiel für die Lage der Prüfpuppensensoren und ihrer assoziierten Flächen

Der einwirkende Wärmestrom ist nicht äquivalent zu dem absorbierten Wärmestrom bei einer Exposition der unbedeckten Prüfpuppe. Der einwirkende Wärmestrom wird unter Berücksichtigung der Fähigkeit der Oberfläche des Prüfpuppensensors, die Wärmeenergie der Flammen aufzunehmen, aus dem absorbierten Wärmestrom an jedem Prüfpuppensensor Anhang C entsprechend berechnet (siehe auch 5.5).

5.3.2 Anzahl der Prüfpuppensensoren

Für das System müssen mindestens 110 Prüfpuppensensoren verwendet werden, die möglichst gleichmäßig über die Fläche der Prüfpuppe verteilt sind (ausgenommen sind Hände und Füße). Tabelle 3 legt eine annehmbare Verteilung der Prüfpuppensensoren fest.

ANMERKUNG 1 Einige vorhandene und gegenwärtig genutzte Prüfpuppen verfügen über mindestens 110 Sensoren (ohne Hände und Füße) und höchstens 135 Sensoren einschließlich Sensoren in Händen und Füßen.

Die bei diesem Prüfverfahren verwendete Prüfpuppe weist eine komplexe, dreidimensionale Oberflächentopographie auf. Kleinere Kompromisse sind notwendig, um die Sensoren in Anbetracht der Geometrie der Prüfpuppenform so gleichmäßig wie möglich auf der Oberfläche zu verteilen.

Tabelle 3 — Verteilung der Sensoren

Körperregion	Körperbereich	Mindest- anzahl der Prüfpuppen- sensoren	Prozentualer Anteil der gesamten mit Sensoren ausgestatteten Fläche, ohne Sensoren an Händen oder Füßen (Richtwert) %	Fläche in m ² , ausgehend von einer angenommenen Körperoberfläche von 2 m ²); siehe Anmerkung 3 Männlich/weiblich
Kopf	Kopf	8	7	0,13/0,12
Brust und Unterleib	Brust	10	40 (Rumpf)	0,77/0,58 (Rumpf)
	Unterleib	11		
Rücken	Oberer Rücken	11		
	Unterer Rücken	11		
Rechter Arm	Arme	18	16	0,26/0,23
Linker Arm				
Rechtes Bein	Ober- und Unterschenkel	41	37	0,61/0,55
Linkes Bein				
Falls auch die Arme sensorbestückt sind	Hände	0	—	0,1/0,1
Falls auch die Beine sensorbestückt sind	Füße	0	—	0,13/0,12
	insgesamt	110	100	2/1,7

ANMERKUNG 2 In Abhängigkeit von der Anzahl und Lage der Prüfpuppensensoren wird Spalte 3 (110 verwendete Sensoren) oder Spalte 4 (mehr als 110 verwendete Sensoren) angewendet. Zusätzliche Sensoren können an den Händen und Füßen angebracht werden, falls gewünscht. Das Hinzufügen von Prüfpuppensensoren an Händen und Füßen erfordert die Anwendung der Prozentsätze in Tabelle 3, Spalte 5.

ANMERKUNG 3 Verschiedene Quellen (z. B. US. EPA. Exposure Factors Handbook (1997 Final Report). US. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/P-95/002F a-c, 1997) gehen von einer Gesamtoberfläche von etwa 2 m² für einen Mann mit einer Körpergröße von 1,85 m bzw. 1,7 m² für eine Frau mit einer Körpergröße von 1,69 m und jeweils durchschnittlichem Körpergewicht aus. Wird die Fläche abgezogen, die nicht von Sensoren bedeckt ist (Hände und Füße), ergibt sich eine Oberfläche von etwa 1,8 m² für einen Mann bzw. 1,5 m² für eine Frau.

5.3.3 Messfähigkeit des Prüfpuppensensors

Jeder Prüfpuppensensor muss fähig sein, einen einwirkenden Wärmestrom im Bereich zwischen 0 kW/m² bis 130 kW/m² zu messen. Der Prüfpuppensensor muss Wärmeströmen bis zu 200 kW/m² und schnellen Änderungen des Wärmestroms (z. B. 4 s bei Exposition der unbedeckten Prüfpuppe) standhalten können ohne zerstört zu werden. Dieser Bereich ermöglicht die Verwendung der Prüfpuppensensoren zur Einstellung der Expositionsstärke für die Prüfung bei direkter Einwirkung der Flammen auf die unbedeckte Prüfpuppe, und darüber hinaus auch die Messung der Wärmeübertragung auf die mit einem Prüfstück ausgestattete beanspruchte Oberfläche der Prüfpuppe.

ANMERKUNG 1 Der Bezugssensor ist bei der Kalibrierung der Prüfpuppe von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund ist sicherzustellen, dass der Bezugssensor gut instandgehalten, überprüft und regelmäßig rekali­briert wird, da jede Veränderung des Bezugssensors wie in dem Ringversuch aufgezeigt Kaskadeneffekte auf die Sensor- und Prüfpuppenkalibrierung hat und sich auf die Ergebnisse der Prüfung auswirkt.

ANMERKUNG 2 Die Funktionsfähigkeit des Sensors in dem Bereich zwischen 0 kW/m^2 und 130 kW/m^2 und die Beständigkeit gegen Zerstörung bei Wärmeströmen bis zu 200 kW/m^2 hängen von der Spezifikation des Herstellers und den angegebenen Kalibrierkurven und anderen Korrekturfaktoren für die Reaktion ab. Kalibrierung mit einem rückführbaren Bezugssensor und einer Wärmestrahlungsquelle, die von etwa 5 kW/m^2 bis etwa 70 kW/m^2 durchgeführt wird, Extrapolation aus dem linearen Bereich ist unterhalb und oberhalb dieses Wertes möglich (ISO 14934-2:2013, Abschnitt 4.3, Verfahren 2 [Hohlraumverfahren mit kugelförmigem Schwarzen Körper]).

ANMERKUNG 3 Die Research Institutes of Sweden AB (RISE) (Brinellgatan 4, 504 62 Borås) sind in der Lage, Kalibrierungen in dem in Anmerkung 2 angegebenen Bereich durchzuführen, gaben jedoch auch an, dass Kalibrierungen bis zu 75 kW/m^2 und sogar unter 2 kW/m^2 möglich sind. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung des genannten Produktes durch ISO. Gleichwertige Dienstleistungen dürfen genutzt werden, wenn sie nachweisbar zu den gleichen Ergebnissen führen, wie in ISO 14934-2 beschrieben.

ANMERKUNG 4 Laut NIST beträgt die absolute Messunsicherheit für die Messung eines Strahlungswärmestroms bis zu $250 \text{ kW/m}^2 \pm 8 \%$ (NIST Special Report Publication N 1031 [16]). Die erforderlichen relativen Gren­zabweichungen von $\pm 5 \%$ bei diesem Prüfverfahren für die durchschnittlichen 84 kW/m^2 müssen in Bezug auf die Kalibrierung der verwendeten Prüfpuppensensoren gesehen werden.

5.3.4 Spezifikation der Prüfpuppensensoren

5.3.4.1 Ausführung

Die Prüfpuppensensoren müssen aus einem Material mit bekannten thermischen Eigenschaften hergestellt sein, sodass der Wärmestrom direkt angezeigt oder aus den Reaktionen des Sensors auf Temperaturen errechnet werden kann, um den Wärmestrom und seine Veränderung im Laufe der Zeit wie vom Sensor empfangen anzugeben. Die Außenfläche des Sensors muss ein Absorptionsvermögen von 0,9 oder höher aufweisen oder mit einer dünnen glatten Schicht schwarzer Hochtemperaturfarbe mit einem Absorptionsgrad von 0,9 oder höher bedeckt sein².

ANMERKUNG Prüfpuppensensoren, die erfolgreich verwendet wurden, sind u. a. Gardon-Sensoren, Wärmekapazitätskalorimeter und hautähnliche Sensoren, die Messungen unter der Oberfläche oder Messungen der Oberflächentemperatur durchführen.

5.3.4.2 Kalibrierung der Prüfpuppensensoren

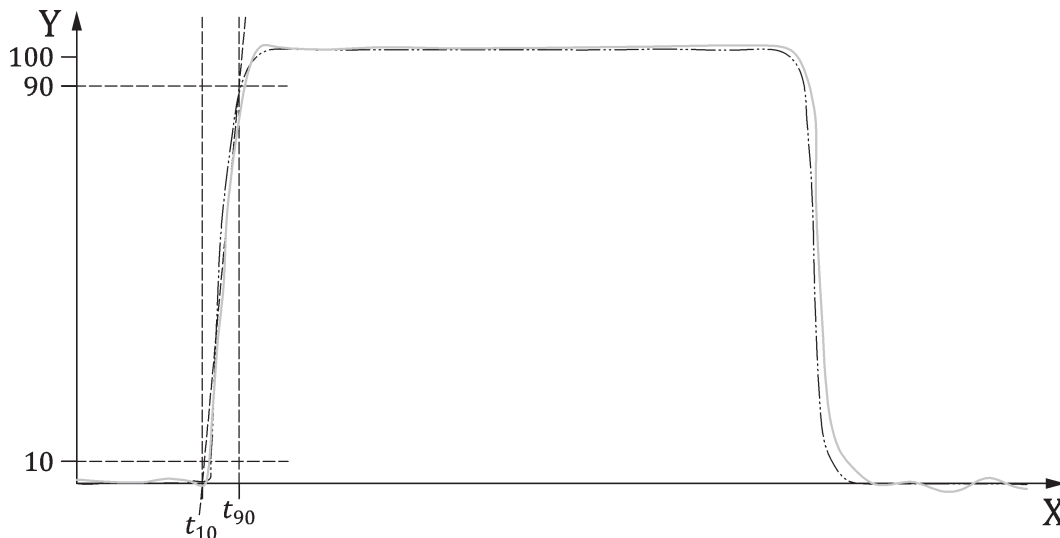
Die Kalibrierung jedes einzelnen Prüfpuppensensors muss nach dem in Anhang C angegebenen Verfahren erfolgen.

Über die Kalibrierungen und Systemvalidierung der Prüfpuppensensoren muss während ihrer Lebensdauer eine Aufzeichnung aufbewahrt werden.

2 Krylon #1618 BBQ and Stove; Krylon #1316 Sandable Primer; Krylon #1614 High Heat and Radiator paint sowie PyroMark 1200 haben sich als geeignet erwiesen. Siehe ASTM Study, „Evaluation of Black Paint and Calorimeters used for Electric Arc Testing“, ASTM contract #F18-103601, Kinectrics Report: 8046-003-RC-0001-R00, 22. August 2000. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung des genannten Produktes durch ISO. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu den gleichen Ergebnissen führen.

5.3.4.3 Reaktivität

Die zeitliche Reaktion der Sensorkonstruktion muss überprüft werden, indem repräsentative Prüflinge einer plötzlichen Änderung des Wärmestromes ausgesetzt werden. Ein zulässiges Verfahren bedient sich einer Wärmequelle zur Kalibrierung und eines Verschlussystems (das Verschlussystem bewirkt eine abrupte Änderung des auf den Prüfpuppensensor einwirkenden Wärmestromes). Die Reaktionszeit des Sensors muss 0,5 Sekunden oder weniger betragen, um während der Kalibrierung des Prüfpuppensensors von 10 % des Messwertes im stationären Zustand auf 90 % (Bild 6) zu steigen.



Legende

X Zeit (in Sekunden)

Y Wärmestrom (%)

—— Prüfpuppensensor

----- Bezugssensor

Bild 6 — Beispiel für die Reaktivität des Sensors während der Sensorkalibrierung mit einem typischen stationären Zustand

ANMERKUNG 1 Die dynamische Reaktion des Wärmestromsensors zur thermischen Prüfung der Prüfpuppe hängt von vielen Elementen ab, u. a. von der Auslegung des Fühlerelements und dessen Wärmeeindringkoeffizienten. Bei Sensoren, die auf Thermoelementen beruhen, sind Auslegungen, die den Wärmeeindringkoeffizienten in dem Thermoelement auf ein Minimum beschränken, wünschenswert. Dies umfasst u. a. intrinsische Auslegungen (die Verbindungsstelle beruht auf dem Oberflächenkontaktbereich jedes Drahtes, der über ein wärmeleitfähiges Zwischenmaterial jeweils unabhängig angeschlossen ist, um bei großen Drahtdurchmessern, z. B. 0,3 mm und weniger, einen ms-Zeitbereich zu erreichen, schnellste Auslegungsvariante), die Verbindung von Drähten durch Stumpfschweißen (Einschwingverhalten verbunden mit dem Drahtdurchmesser – Werte von 0,18 mm und weniger führen zu Reaktionszeiten von ~150 ms oder besser) und geschweißte Drahtverbindungen, die zu einer Verbindungsstelle mit Schweißraupe führen (Schweißraupengrößen von 0,12 mm und weniger führen zu Reaktionszeiten von ~150 ms oder besser).

5.3.5 Anordnung der Prüfpuppensensoren

Die Prüfpuppensensoren, die an der Prüfpuppenoberfläche angebracht sind, dürfen auf gegenüberliegenden Seiten in Bereichen mit starker Krümmung, wo eine Mittelachse flach an der Prüfpuppenoberfläche verläuft, nicht mehr als 1,5 mm in die Oberfläche eingelassen sein oder mehr als 2 mm aus der Oberfläche herausragen.

ANMERKUNG 1 Bei Prüfpuppensensoren, die an mit geringem Radius gekrümmten Oberflächen angebracht sind (z. B. an Armen und Beinen), können einige Unterschiede erwartet werden. Es wurde nachgewiesen, dass die Ausrichtung der Oberflächen der Prüfpuppensensoren in Bezug zur Oberfläche der Prüfpuppe die Messwerte beeinflusst. Die Kanten der Prüfpuppensensoren können nicht weiter als in den obigen Anforderungen angegeben von der Oberfläche der Prüfpuppe abstehen. Dies führt üblicherweise dazu, dass der Wärmestrom bei hervorstehenden Sensoren höher und bei unterhalb der Oberfläche der Prüfpuppe liegenden Sensoren niedriger ist als erwartet.

ANMERKUNG 2 Der Sensormesswert des Wärmestroms könnte durch die Bildung einer Brücke oder Isolierung an der Sensoroberfläche aufgrund der Ansammlung von Ruß oder Ablagerungen zwischen Sensor und Prüfpuppe erhöht oder reduziert werden. Die Sensorbuchse muss daher regelmäßig gereinigt werden, wenn Kleidungsstücke geprüft werden, die derartige Rückstände verursachen.

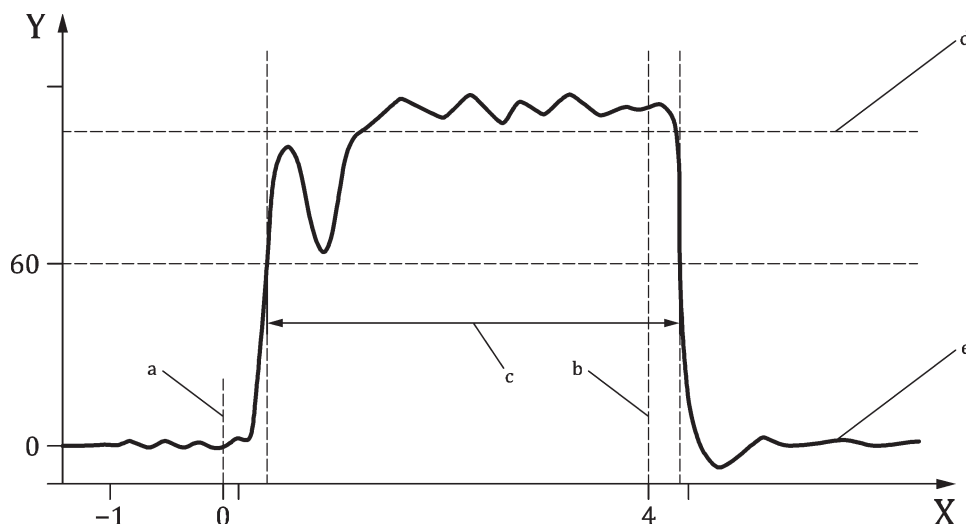
5.3.6 Validierung des Wärmestroms der Prüfpuppe

5.3.6.1 Definition Wärmestrom

Der Wärmestrom, dem die unbedeckte Prüfpuppe ausgesetzt wird, muss bei der ersten Validierung des Wärmestroms der Prüfpuppe des Tages zwischen $(84 \pm 2) \text{ kW/m}^2$ liegen. Alle anderen Expositionen, denen die unbedeckte Prüfpuppe ausgesetzt wird, müssen bei $84 \text{ kW/m}^2 \pm 5\%$ liegen, wie auch in 8.1.6 angegeben. Sowohl die erste Validierung als auch alle folgenden Validierungen des Wärmestroms dürfen nicht den Anforderungen an die Messunsicherheit unterliegen.

Der Berechnungszeitraum für den während der Exposition auf die unbedeckte Prüfpuppe wirkenden Wärmestrom muss wie folgt festgelegt sein (siehe Bild 7 und Bild 8):

- a) er beginnt, wenn der Durchschnittswert des Wärmestroms der Prüfpuppensensoren für alle Prüfpuppensensoren von mindestens $\geq 60 \text{ kW/m}^2$ (in Abstufungen von 0,1 s) erreicht ist; und
- b) er endet, wenn der Durchschnittswert des Wärmestroms aller Sensoren von mindestens $\geq 60 \text{ kW/m}^2$ (in Abstufungen von 0,1 s) nach der Exposition erreicht ist.



Legende

X t_{sec} (Zeit in Sekunden)

Y kW/m^2

a Beginn der Exposition

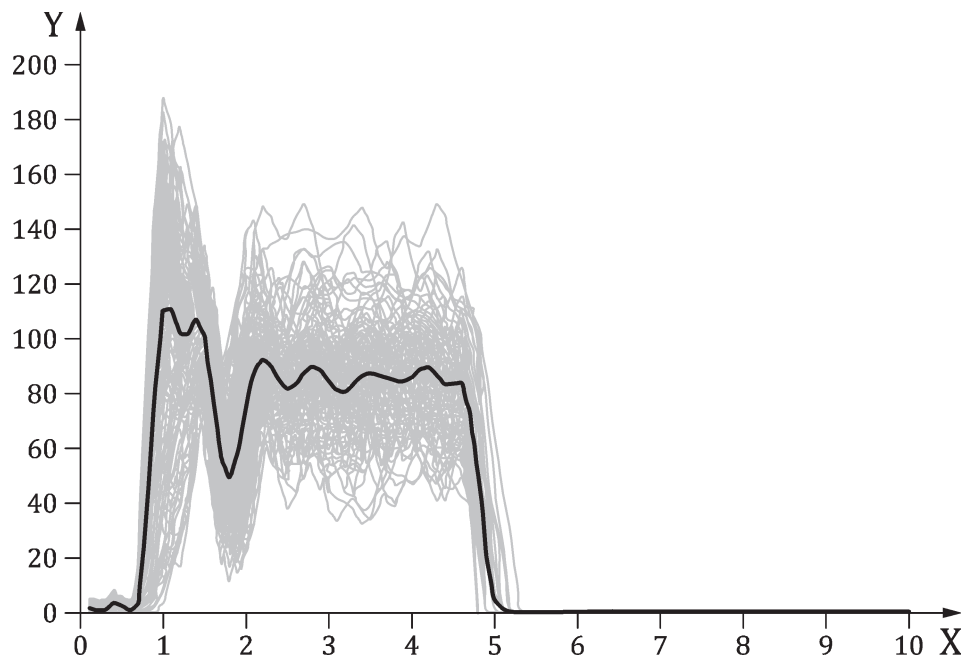
b Ende der Exposition

c Berechnungszeitraum für den Wärmestrom der Exposition

d während der Exposition auf die unbedeckte Prüfpuppe wirkender Wärmestrom

e durchschnittlicher Wärmestrom der Sensoren

Bild 7 — Berechnungszeitraum für den Wärmestrom bei einer 4 s dauernden Exposition der unbedeckten Prüfpuppe zu deren Validierung



Legende

X Zeit (s)

Y Wärmestrom (kW/m^2)

Bild 8 — Beispiel für eine Exposition der unbedeckten Prüfpuppe, bei dem sämtliche Sensoren grau und der Durchschnitt der Gesamtexposition der Prüfpuppe schwarz dargestellt sind

ANMERKUNG In obigen Bildern handelt es sich bei den Wärmestromkurven der einzelnen Sensoren und dem durchschnittlichen Wärmestrom aller Sensoren um Beispiele; die Form dieser Wärmestromkurven hängt von der Installation und der Sensortechnologie ab.

5.3.6.2 Anforderungen an den Wärmestrom der Exposition

Die folgenden Anforderungen an die Wärmestromverteilung während des Berechnungszeitraums für den auf die unbedeckte Prüfpuppe wirkenden Wärmestrom müssen von allen Sensoren an der Prüfpuppe erfüllt werden, außer bei Sensoren, die sich in den Händen und Füßen befinden.

- Der durchschnittliche Wärmestrom q'_{incident} jedes Sensors muss über den Berechnungszeitraum für den Wärmestrom berechnet werden. Der Durchschnitt dieser Werte muss für die erste Validierung $(84 \pm 2) \text{ kW/m}^2$ und für darauf folgende Validierungen des Wärmestroms $84 \text{ kW/m}^2 \pm 5 \%$ betragen; die Standardabweichung beträgt dabei höchstens 21 kW/m^2 .
- Der für jede Körperregion (einschließlich des Kopfes) (siehe 5.3 und 5.5.3) gemessene durchschnittliche einwirkende Wärmestrom muss in jedem Fall in dem Bereich $\pm 15 \%$ des Durchschnittswertes in a) liegen (siehe Anhang C und Anhang D).

5.3.6.3 Symmetrie

Die Bewertung der Symmetrie muss auf der Grundlage der ersten Beflammung der unbedeckten Prüfpuppe vor der Prüfung der Bekleidung erfolgen. Sie muss den nachstehenden Bedingungen entsprechen (eines der drei Ergebnisse darf $\pm 10 \%$ sein).

- Symmetrie der linken (nur linker Arm und linkes Bein) und rechten Seite der Prüfpuppe (nur rechter Arm und rechtes Bein) $\pm 5 \%$ bei dem durchschnittlichen Wärmestrom dieser Körperteile;

- b) Symmetrie des oberen Teils der Prüfpuppe (nur Arme, Rumpf (Vorder- und Rückseite), ohne Kopf) und des unteren Teils der Prüfpuppe (nur Beine) ± 5 % bei dem durchschnittlichen Wärmestrom dieser Körperteile;
- c) Symmetrie der Vorderseite (nur vorderer Rumpf, ohne Kopf) und der Rückseite der Prüfpuppe (nur Rückseite des Rumpfes, ohne Kopf) ± 5 % bei dem durchschnittlichen Wärmestrom dieser Körperteile.

5.4 Datenerfassungssystem

Es muss ein System zur Verfügung stehen, das in der Lage ist, die Ausgabeergebnisse jedes Prüfpuppensensors mit einer Abtastrate von mindestens 10 Proben je Sekunde während der maximalen Datenerfassungsdauer von 240 s aufzunehmen und zu speichern.

Die Fehlergrenze des Messsystems (Sensor, Kabel und Datenerfassung) muss besser sein als 0,5 % des Messwerts oder $\pm 0,2$ °C betragen, wenn ein Temperatursensor verwendet wird.

Das Datenerfassungssystem für sowohl die Prüfpuppe als auch das Kalibrierungssystem (falls unterschiedlich) muss mindestens die folgenden Anforderungen erfüllen:

- a) Wandlerauflösung von analog zu digital ≥ 16 bit;
- b) Abtastfrequenz einzelner Kanäle ≥ 10 Hz;
- c) Temperaturlösung besser als 0,1 °C;
- d) Hardware-Filterfunktion, falls verwendet, von 2 Hz bis 50 Hz (üblicherweise 15 Hz);
- e) Vergleichsstellen-Kompensation (wenn Thermoelemente genutzt werden).

ANMERKUNG Der Einsatz einer Hardware-Filterfunktion ist optional, da dies auch durch Software erreicht werden kann. Der Zweck der Filterfunktion ist es, die Artefakte beim Abtasten zu minimieren, die aufgrund einwirkender elektrischer Störquellen auf die Reaktion des Sensors, infolge von elektromagnetischen Interferenzen (EMI), wie das Öffnen und Schließen von Magnetventilen, Lichtquellen innerhalb der Kammer, Zündeinrichtungen usw., entstehen. Bei Umgebungen mit starken elektromagnetischen Interferenzen oder anderen Störungen wurde festgestellt, dass sie die gemessenen Sensorreaktionen beeinflussen.

5.5 Computer-Softwareprogramm

5.5.1 Allgemeines

Es muss ein Computer-Softwareprogramm verwendet werden, das in der Lage ist, Folgendes zu berechnen:

5.5.1.1 Für die Kalibrierung der Beflammung bei Exposition der unbedeckten Prüfpuppe

- a) Der absorbierte Wärmestrom des Sensors (q_{net}) im Zeitablauf wird gemessen oder die Prüfpuppensensordaten werden in den einwirkenden Wärmestrom im Zeitverlauf umgewandelt.
- b) Der einwirkende Wärmestrom wird auf der Grundlage des absorbierten Wärmestroms (q_{net}) berechnet (siehe 5.3.1, 5.5.2 und C.3).

ANMERKUNG Zur Berechnung der einwirkenden Wärme müssen die konvektive Wärmeübertragung auf die Sensoroberfläche, das Emissionsvermögen des Sensors, die Aufteilung der strahlenden und konvektiven Wärmeübertragungsmodi und ein angenommener Wert von 84 kW/m^2 ausgehend von dem angenommenen Bezugswärmestrom bekannt sein. Zusätzliche Korrekturen der Sensorreaktion sind für bestimmte Sensorauslegungen notwendig, die Wärmeverluste, Wärmezugewinne und Basislinienverschiebungen aufgrund des Konstruktionsmaterials berücksichtigen.

- c) Der Wärmestrom der Exposition wird für jeden Prüfpuppensensor nach Anhang C berechnet, um den Wärmestrom im Zeitverlauf zu bestimmen und anschließend den Wärmestrom bei der Exposition zu berechnen.
- d) Der gesamte durchschnittliche Wärmestrom der Exposition wird für die gesamte Prüfpuppe berechnet (siehe auch Anhang D).
- e) Es wird überprüft, ob die Wärmestromwerte bei der Exposition für jede Körperregion (Kopf, rechter Arm, linker Arm, Brust und Unterleib, Rücken, linkes Bein und rechtes Bein) und die gesamte Prüfpuppe die beschriebenen Kriterien erfüllen (siehe 5.3.6.2).
- f) Es wird überprüft, ob die Anforderungen bezüglich der Symmetrie nach Abschnitt 5.3.6.3 erfüllt werden.

5.5.1.2 Für die Messung der Prüfkörper

- Der absorbierte Wärmestrom im Zeitverlauf wird gemessen oder die Daten der Prüfpuppensensoren werden in den absorbierten Wärmestrom im Zeitverlauf umgewandelt.
- Die Wärmeübertragung je Prüfpuppensensor (siehe 5.5.5) und die gesamte Wärmeübertragung für das gesamte System werden berechnet.

5.5.2 Einwirkender Wärmestrom

Der einwirkende Wärmestrom wird aus dem Wärmestrom (q_{net}), der von jedem Prüfpuppensensor während der Exposition der unbedeckten Prüfpuppe absorbiert wurde, durch ein Computer-Softwareprogramm bestimmt (siehe Anhang C). Der einwirkende Wärmestrom muss 9.3 entsprechend aufgezeichnet werden.

5.5.3 Wärmestrom der Exposition

Bei Expositionen der unbedeckten Prüfpuppe muss der Wärmestrom der Exposition für jeden Prüfpuppensensor als der durchschnittliche einwirkende Wärmestrom, der für diesen Sensor während des Berechnungszeitraums für den Wärmestrom wie in 5.3.6 beschrieben berechnet wurde, berechnet werden.

Der Wärmestrom der Exposition ist für jede Körperregion und die gesamte Prüfpuppe zu berechnen, indem der Durchschnittswert der Daten der Prüfpuppensensoren ermittelt wird. Der anzugebende Wert ist der Durchschnittswert der nach Sensor gewichteten Durchschnittswerte für jeden Prüfpuppensensor für den Berechnungszeitraum für den Wärmestrom der Exposition der unbedeckten Prüfpuppe. Das Verfahren ist in Anhang D beschrieben.

ANMERKUNG Die Körperregionen (Kopf, rechter Arm, linker Arm, Brust und Unterleib, Rücken, linkes Bein und rechtes Bein) sind notwendig, um den Wärmestrom über die unterschiedlichen Ebenen und Höhen des Körpers zu vergleichen, um sicherzustellen, dass die Beflammung über die gesamte Prüfpuppe ähnlich ist [siehe Tabelle 3 und 5.7.4.4, 5.3.6.2 b)].

5.5.4 Hitzeschutzfaktor des Schutzes der Prüfpuppe (TMPF)

Der TMPF wird festgelegt, um Kleidungsstücke zu vergleichen und möglicherweise Grenzwerte für Produktnormen festzulegen. Je höher der TMPF, desto besser die Kleidung. Der TMPF ist ein Faktor, der den prozentualen Anteil des vor Verbrennungen zweiten und dritten Grades geschützten Körpers (unter Anwendung von ISO 13506-2) für eine bestimmte Exposition der thermischen Prüfpuppe für eine bestimmte Masse des textilen Flächengebildes nutzt. Die Daten des Kopfes müssen unberücksichtigt bleiben, weil dieser üblicherweise während der Exposition des Kleidungsstücks nicht geschützt ist.

Berechnung:

$$\text{TMPF} = (100 \% - B) * \frac{\frac{t}{G}}{b} \quad (2)$$

Dabei ist

B der prozentuale Anteil der Verbrennungen des Körpers (zweiten und dritten Grades am Körper, ohne Kopf, wenn dieser nicht geschützt ist);

t die Expositionszeit;

G die Gesamtmasse des Kleidungsstücks (g);

b die Körperoberfläche (üblicherweise $1,61 \text{ m}^2$ ohne Kopf).

Die Masse des Kleidungsensembles (alle Kleidungsstücke zusammen) muss ISO 3801 entsprechend und ausgehend von den in Abschnitt 7 festgelegten Bedingungen ermittelt werden.

ANMERKUNG 1 Die Masse der Kleidungsstücke und das Produkt aus flächenbezogener Masse des textilen Flächengebildes und bedeckter Körperfläche sind nicht identisch. Die Masse der Bekleidung ist bei einem einfachen Kleidungsstück mindestens 2,3-mal größer. Die bedeckte Körperfläche einer männlichen Prüfpuppe wurde auf $1,6 \text{ m}^2$ gerundet, wobei Kopf, Füße und Hände unberücksichtigt bleiben, und auf $1,74 \text{ m}^2$, wenn der Kopf berücksichtigt wird (bei einer weiblichen Prüfpuppe muss die Körperfläche auf $1,36 \text{ m}^2$ geändert werden, wenn Kopf, Füße und Hände unberücksichtigt bleiben, und auf $1,58 \text{ m}^2$, wenn der Kopf berücksichtigt wird) (siehe Tabelle 3).

ANMERKUNG 2 Ausgehend von den Bewertungen, die auf der Grundlage der flächenbezogenen Masse des textilen Flächengebildes bei unterschiedlichen Expositionen für unterschiedliche Kleidungsstücke für Werkfeuerwehren und zur Brandbekämpfung im freien Gelände bei einer Exposition über 3 Sekunden vorgenommen wurden, gilt: $0,97 < \text{TMPF} < 1,7$; bei 4 Sekunden: $0,53 < \text{TMPF} < 1,6$ und Feuerwehrangehörige bei 8 Sekunden: $0,8 < \text{TMPF} \leq 1,5$. Ein Vergleich von TMPF-Faktoren unterschiedlicher Expositionen für die gleichen Kleidungsstücke ist schwierig, weil die Vorhersage von Verbrennungen und die jeweilige Expositionsdauer nicht linear sind und gegenwärtig nicht hinreichend Daten zur Validierung dessen verfügbar sind.

5.5.5 Wärmeübertragung

5.5.5.1 Allgemeines

Die Wärmeübertragung je Prüfpuppensensor entspricht der absorbierten Wärme je Prüfpuppensensor und muss für jeden Prüfpuppensensor unter Berücksichtigung der assoziierten Fläche jedes Sensors bestimmt werden. Die gesamte Wärmeübertragung muss die Summe der Wärmeübertragung auf alle Prüfpuppensensoren sein.

Die Wärmeübertragung ist das Integral des absorbierten Wärmestromes für jeden Prüfpuppensensor während des Berechnungszeitraums, wobei berücksichtigt ist, dass jeder Prüfpuppensensor einen begrenzten Bereich der Prüfpuppenoberfläche darstellt.

5.5.5.2 Begrenzungsregeln

Um zu verhindern, dass die Wärmeübertragung aufgrund von Abweichungen des angezeigten Wärmestroms zu hoch oder zu niedrig bewertet wird, müssen folgende Begrenzungsregeln angewendet werden:

- Wärmestromwerte unter 1 kW/m^2 (einschließlich negativer Wärmeströme) müssen den Wert 0 erhalten;
- wenn der Anstieg des Wärmestroms innerhalb von 5 s, frühestens 5 s nach dem Ende der Exposition, unter $100 \text{ W/m}^2/\text{s}$ liegt, muss der Wärmestrom den Wert 0 erhalten.

ANMERKUNG Eine nicht ausreichende oder zu starke Begrenzung kann ein Zeichen für einen Rechenfehler oder einen fehlerhaften Sensor sein.

5.5.5.3 Berechnung der Wärmeübertragung

Die Wärmeübertragung kann mit nachstehender Gleichung (3) berechnet werden:

$$Q_i = A_i \int_0^T q'_i(t) \cdot dt \quad (3)$$

Dabei ist

T die gesamte Datenerfassungszeit T , in s;

Q_i die Wärmeübertragung auf den Prüfpuppensensor i , in J;

$q'_i(t)$ der Wärmestrom des Prüfpuppensensors i zum Zeitpunkt t , in W/m²;

A_i die dem Prüfpuppensensor i zugeordnete Fläche, in m².

Bei einem diskreten Datensatz kann die Wärmeübertragung auf einen Prüfpuppensensor i über die Zeit T (mit Zeitstufen Δt) mit nachstehender Gleichung (4) berechnet werden:

$Q_i = 0$ für $t = 0$

$$Q_i = A_i \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{2} (q'_{ij} + q'_{i,j-1}) (t_j - t_{j-1}) \right] \text{ für } t > 0 \quad (4)$$

Die gesamte Wärmeübertragung ist die Summe der Wärmeübertragung auf alle Prüfpuppensensoren und kann mit nachstehender Gleichung (5) berechnet werden:

$$Q_{tot} = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (5)$$

Dabei ist

Q_{tot} die gesamte Wärmeübertragung, in J;

n die Anzahl der Prüfpuppensensoren.

5.6 Flammenexpositionskammer

5.6.1 Allgemeines

Für die Aufnahme der Prüfpuppe und der Beflammungsgeräte muss eine belüftete feuerbeständige Arbeitszelle mit Sichtfenstern und einer oder mehreren Zugangstüren vorgesehen werden. Die Kammer muss den natürlichen Zufluss bzw. Abzug von Luft während der Exposition ermöglichen und mit einem Entlüftungssystem für die schnelle Abführung der Raumgase nach der Exposition und dem Ablauf der Datenerfassungszeit ausgestattet sein.

5.6.2 Größe der Kammer

Die Kammer muss groß genug sein, um eine gleichmäßige Flammenexposition über die Oberfläche des Prüfstücks sicherzustellen und sichere Bewegungen um die Prüfpuppe herum zu ermöglichen, um sie anzukleiden, ohne die Brenner versehentlich zu erschüttern oder zu verschieben. Die Mindestmaße von 2,2 m Breite, 3,3 m Länge und 2,4 m Höhe sind erforderlich, um genügend Luft für die Verbrennung zur Verfügung zu stellen und die Flammen zu kontrollieren; die Höchstmaße von 10,7 m Breite, 16,4 m Länge und 6,7 m Höhe sind erforderlich, um eine gute Beflammung der Prüfpuppe sicherzustellen.

ANMERKUNG Die Begründung für die Größe des Raumes beruht auf den Ringversuchen zur Festlegung der Ober- und Untergrenzen. Das kleinste Volumen der Kammer betrug 23,5 m³ und das größte Volumen der Kammer betrug 1 174 m³.

5.6.3 Luftströmung in der Kammer

Die während einer Exposition in der Kammer vorhandene Luft und jegliche während einer Exposition auftretenden natürlichen Luftströme in die Kammer hinein oder aus ihr heraus, müssen ausreichen, um den zur Erzeugung des erforderlichen Wärmestromes benötigten Verbrennungsprozess zu ermöglichen.

Vor der Exposition und während der Datenerfassung muss das Zwangsentlüftungssystem abgeschaltet werden, so dass eine ruhige Atmosphäre besteht. Öffnungen der Prüfkammer nach außen sind für den Druckausgleich und die passive Zufuhr angemessener Luftmengen für die Verbrennung des Brennstoffes während der Exposition erforderlich.

ANMERKUNG Die äußeren Umgebungsbedingungen stellen einen Faktor dar, der den Luftstrom in die Kammer hinein beeinflussen kann. Die Zündflammen können ein Indikator dafür sein, wie still die Luft in der Beflammungskammer ist.

Unmittelbar nach dem Ende der Datenerfassungsdauer muss ein Zwangsentlüftungssystem die Verbrennungsprodukte vor dem Eintritt in die Kammer schnell abführen.

5.6.4 Isolierung der Kammer

Die Kammer muss gegen andere Luftbewegungen als den für den Verbrennungsprozess erforderlichen natürlichen Luftstrom isoliert sein, so dass die Zündflammen und die bei der Exposition brennenden Flammen vor und während der Prüfexposition und während der Datenerfassungsdauer nicht beeinträchtigt werden.

5.6.5 Entlüftungssystem der Kammer

Die Kapazität des Zwangsentlüftungssystems muss mindestens dem Kammervolumen je Minute entsprechen, um die durch die Prüfexposition entstehenden Verbrennungsprodukte abzuführen. Ferner darf das Zwangsentlüftungssystem mit einer niedrigeren Kapazität betrieben werden, um Kühlluft für die Prüfpuppe und die Prüfpuppensensoren einzuleiten, nachdem die Verbrennungsgase aus der Kammer abgeleitet wurden.

5.6.6 Sicherheitsvorrichtungen der Kammer

Die Expositionskammer muss mit ausreichenden Sicherheitsvorrichtungen und Messdetektoren ausgestattet sein, um den sicheren Betrieb der Prüfeinrichtung sicherzustellen. Dazu dürfen Propangasdetektoren, Bewegungsmelder, Türschlösser, Feuerlöscher, Not-Aus-Einrichtungen, Flammendetektoren und alle anderen Geräte gehören, die als erforderlich erachtet werden. Die Übereinstimmung mit örtlichen Brandsicherheitsbestimmungen ist erforderlich.

5.7 Brennstoff und Brennstoffversorgungssystem

5.7.1 Allgemeines

Die Kammer muss mit einer Brennstoffzuleitung, Versorgungsleitungen und Brennersystemen ausgestattet sein, um reproduzierbare Flammenexpositionen zu ermöglichen (siehe Anhang D).

5.7.2 Brennstoff

Bei dem Brennstoff muss es sich um Propan mit einer Reinheit von >85 % handeln, um den in 5.3.6 festgelegten erforderlichen Wärmestrom zu erreichen.

ANMERKUNG Die meisten Labore verwenden mindestens 90%iges Propan. Bestimmte Regionen sind aufgrund schlechter Verfügbarkeit oder Genehmigungsaufgaben nicht in der Lage, Propan von einer so hohen Konzentration zu verwenden. Der Butangehalt und andere Faktoren, wie beispielsweise die Höhe, können einen Einfluss auf den Wärmestrom haben, falls nicht genau kalibriert wird.