

DIN EN ISO 18640-1



ICS 13.340.10

**Schutzkleidung für die Feuerwehr –
Physiologische Wärmebelastung –
Teil 1: Messung von gekoppeltem Wärme- und Feuchtetransport mit dem
schwitzenden Torso (ISO 18640-1:2018);
Deutsche Fassung EN ISO 18640-1:2018**

Protective clothing for firefighters –

Physiological impact –

Part 1: Measurement of coupled heat and moisture transfer with the sweating torso
(ISO 18640-1:2018);

German version EN ISO 18640-1:2018

Vêtements de protection pour sapeurs-pompiers –

Impact physiologique –

Partie 1: Mesurage du transfert de masse et de la chaleur couplé de chaleur et d'humidité à
l'aide du torse transpirant (ISO 18640-1:2018);

Version allemande EN ISO 18640-1:2018

Gesamtumfang 48 Seiten

DIN-Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung (NPS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 18640-1:2018) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 94 „Personal safety — Protective equipment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 162 „Schutzbekleidung einschließlich Hand- und Armschutz und Rettungswesten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

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

ISO 3175-2	siehe DIN EN ISO 3175-2
ISO 3696	siehe DIN ISO 3696
ISO 6330	siehe DIN EN ISO 6330
ISO 11092	siehe DIN EN ISO 11092
ISO 15797	siehe DIN EN ISO 15797

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)*

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

DIN EN ISO 11092, *Textilien — Physiologische Wirkungen — Messung des Wärme- und Wasserdampfdurchgangswiderstands unter stationären Bedingungen (sweating guarded-hotplate test)*

DIN EN ISO 15797, *Textilien — Industrielle Wasch- und Finishverfahren zur Prüfung von Arbeitsbekleidung*

DIN ISO 3696, *Wasser für analytische Zwecke — Anforderungen und Prüfungen*

Deutsche Fassung

Schutzkleidung für die Feuerwehr —
Physiologische Wärmebelastung —
Teil 1: Messung von gekoppeltem Wärme- und
Feuchtetransport mit dem schwitzenden Torso
(ISO 18640-1:2018)

Protective clothing for firefighters —
Physiological impact —
Part 1: Measurement of coupled heat and moisture
transfer with the sweating torso
(ISO 18640-1:2018)

Vêtements de protection pour sapeurs-pompiers —
Impact physiologique —
Partie 1: Mesurage du transfert de masse et
de la chaleur couplé de chaleur et
d'humidité à l'aide du torse transpirant
(ISO 18640-1:2018)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2. Januar 2018 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 CEN-CENELEC-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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Vorwort.....	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe.....	7
4 Symbole und Abkürzungen.....	10
5 Geräte.....	10
5.1 Schwitzender Torso.....	12
5.1.1 Allgemeines.....	12
5.1.2 Beheizter Zylinder.....	12
5.1.3 Abschnitte der thermischen Schutzschirme.....	12
5.1.4 Heizung und Temperatursteuerung.....	13
5.1.5 Temperaturmessung.....	13
5.1.6 Simulation des Schwitzens.....	13
5.1.7 Schweißwasser-Verteilungs-Schicht.....	13
5.1.8 Waage für das Torsogewicht.....	14
5.2 Computer, Steuerungssystem und Datenerfassung.....	14
5.2.1 Allgemeines.....	14
5.2.2 Computer und Messsoftware.....	14
5.2.3 Steuerungssystem.....	14
5.2.4 Datenerfassung.....	14
5.2.5 Steuerungsoptionen für die Messung.....	14
5.3 Klimakammer.....	15
5.3.1 Allgemeines.....	15
5.3.2 Klimakammersensoren.....	15
5.4 Ventilationssystem.....	15
5.5 Schweißwasserzufuhr.....	15
5.5.1 Gravimetrisches Schweißwasser-Kontroll-System.....	16
5.6 Simulation der Luftschichten.....	17
6 Probenahme und Proben.....	18
6.1 Allgemeines.....	18
6.1.1 Größe der Proben.....	18
6.1.2 Art der Proben.....	19
6.1.3 Spezifikation der Kleidungsstücke/Ensembles.....	19
6.2 Anzahl an Proben.....	19
7 Vorbereitung der Proben.....	19
7.1 Vorbehandlung.....	19
7.2 Konditionierung.....	20
8 Messverfahren.....	20
8.1 Vorbereitung der Prüfung.....	20
8.1.1 Vorbereitung der Klimakammer.....	20
8.1.2 Windgeschwindigkeit.....	20

8.2	Prüfung der Proben	22
8.2.1	Allgemeines	22
8.2.2	Bestücken des Torsos mit Prüfmustern.....	22
8.2.3	Aufzeichnung der Probenidentifikation und der Prüfungsbeobachtungen.....	23
8.2.4	Start der Prüfung.....	23
8.2.5	Berechnete Werte	23
9	Prüfbericht	26
9.1	Allgemeines	26
9.2	Identifikation der Probe	26
9.3	Bedingungen des Experiments.....	27
9.4	Berechnete Ergebnisse	27
10	Instandhaltung und Kalibrierung	27
10.1	Instandhaltung.....	27
10.1.1	Schwitzwasserbehälter	27
10.1.2	Ventilprüfungen.....	27
10.2	Kalibrierung.....	27
10.2.1	Allgemeines.....	27
10.2.2	Korrekturwert für den Wärmedurchgangswiderstand (R_{ct0} (Torso)).....	28
10.2.3	Schwitzwasser-Verteilungs-Schicht	28
10.2.4	Temperatursensoren am Torso.....	28
10.2.5	Heizleistung des Torsos	28
10.2.6	Schwitzrate des Torsos.....	28
10.2.7	Umgebungsbedingungen	28
10.3	Experimente mit Standardgewebe (optional)	29
	Anhang A (informativ) Torsogröße und Festlegung des Materials	30
	Anhang B (informativ) Kalibrierung	34
	Anhang C (informativ) Beispiel für Datenauswertung	36
	Anhang D (informativ) Checkliste zur Probe.....	40
	Anhang E (informativ) Validierung des Messgeräts	41
	Anhang F (informativ) Beispiel Matlab-Code.....	42
	Literaturhinweise	46

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 18640-1:2018) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 94 „Personal safety - Protective equipment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 162 „Schutzkleidung einschließlich Hand- und Armschutz und Rettungswesten“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 18640-1:2018 wurde von CEN als EN ISO 18640-1:2018 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen 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.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 94, *Personal Safety*, Unterkomitee SC 14, *Firefighters' personal equipment* erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 18640 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Einleitung

Die Hauptfunktionen von Schutzkleidung sind der Schutz gegen Gefährdungen und die Erhaltung der Gesundheit und des Komforts der tragenden Person. Ferner bewahrt Schutzkleidung gegen Hitze und Flammen den Tragenden vor gesundheitsschädigendem oder lebensbedrohlichem Wärmestau, selbst in extremen Umgebungsbedingungen. Die heutigen Normen enthalten Anforderungen für die Schutzeigenschaften von Schutzkleidung gegen Hitze und Flammen. Je besser die Schutzeigenschaften solcher Kleidungsstücke jedoch sind, desto weniger Wärme, die vom menschlichen Körper ausgeht, wird auch abgeleitet. Feuerwehrleute erreichen während ihrer Arbeit metabolischen Umsatz von über 500 W/m^2 [5][6]. Davon werden 75 % bis 85 % als Wärme [7] freigesetzt, welche vom menschlichen Körper durch thermoregulative Prozesse abgeleitet werden muss, um eine Erhöhung der Körperkerntemperatur zu verhindern. Wenn die Wärmeableitung nicht eingeschränkt ist, dann ist der menschliche Körper in der Lage, seine Temperatur in einem Bereich von $36,5^\circ\text{C}$ bis $37,5^\circ\text{C}$ zu halten (Normothermie)[8]. Unter extremen Umweltbedingungen und/oder bei eingeschränkter Wärmeableitung auf Grund der Schutzkleidung ist der menschliche Körper jedoch nicht in der Lage, die Körperkerntemperatur innerhalb der Normothermie zu halten und erleidet Wärmestau. Die Arbeitsleistung sinkt und jede weitere Erhöhung der Körperkerntemperatur kann lebensbedrohlich werden [16]. Um die Risiken von Wärmestau während physischer Aktivitäten von hoher Intensität zu reduzieren, sollte Schutzkleidung zusätzlich in Bezug auf die Auswirkungen auf die menschliche Thermoregulation und Wärmestau geprüft werden.

Es bestehen verschiedene Ansätze zur Bewertung der thermophysiologischen Auswirkungen. Einerseits werden etablierte Standardparameter, wie der Wasserdampfdurchgangswiderstand R_{et} und der Wärmedurchgangswiderstand R_{ct} von Stoffproben in Bezug auf deren thermoregulative Auswirkungen betrachtet. Jedoch repräsentieren diese Parameter nicht in vollem Maße die echten Auswirkungen von Schutzkleidung; z. B. werden die Eigenschaften des Feuchtigkeitsmanagements und die kombinierte Auswirkung von Wärme- und Feuchtetransports nicht berücksichtigt. Andererseits zeigen Humanversuche echte thermophysiologische Reaktionen auf eine bestimmte Umgebungsbedingung und Schutzkleidungsensemble. Indes bezieht sich das Ergebnis dieser Herangehensweise nicht lediglich auf die intrinsischen Eigenschaften der Stoffproben, sondern wird auch durch das Design der Kleidung und Luftschichten, die in der Kleidung eingeschlossen sind, beeinflusst. Ferner sind Humanversuche sehr zeitintensiv und teuer, werden durch ethische Richtlinien eingeschränkt und führen zu Erkenntnissen, die immer in Bezug auf die jeweiligen Probanden stehen. Daher kann die Vergleichpräzision zwischen Laboren eingeschränkt sein. Der Einsatz von thermischen Gliederpuppen überwindet die Einschränkungen von Humanversuchen. Genau wie bei den Humanversuchen auch, liefern thermische Ganzkörpergliederpuppen Erkenntnisse zu fertig konfektionierter Schutzkleidung, einschließlich Design und Passform. Jedoch verbleibt die Zuordnung zu intrinsischen Stoffeigenschaften schwierig.

Eine mögliche Vorgehensweise bezüglich der intrinsischen Kleidungseigenschaften und der Berücksichtigung des Wärme- und Feuchtetransports ist der sogenannte schwitzende Torso [9][10]. Das Messgerät „schwitzender Torso“ ist ein aufrecht stehender, beheizter Zylinder, welcher die Oberfläche des menschlichen Rumpfes darstellt und mit einer Möglichkeit des flüssigen Schwitzens ausgestattet ist [11]. Die zu untersuchende Stoffprobe wird dabei um den schwitzenden Torso gewickelt. Drei Phasen werden dann durchlaufen, in denen die trockene thermische Isolierung, die Wärmeübertragung im trockenen und nassen Zustand, sowie die Trocknungseigenschaften gemessen werden. Erkenntnisse, die mit dem schwitzenden Torso gewonnen wurden, wurden durch die üblichen Standardverfahren bestätigt, wie z. B. der Prüfung mit „Sweating Guarded Hotplate“, und haben sich als sehr gut reproduzierbar erwiesen [11]. Außerdem wurden Validierungsstudien durchgeführt, um die Erkenntnisse aus der Prüfung mit dem schwitzenden Torso auf menschliche thermophysiologische Messungen unter realistischen Umweltbedingungen und die Aktivitäten für Feuerwehrleute anzuwenden. Ausgehend von diesen Erkenntnissen werden Richtlinien für intrinsische Textileigenschaften basierend auf thermophysiologischen Reaktionen bereitgestellt. Zusätzlich zum oben beschriebenen Standardverfahren wird die Auswirkung von komplexeren Schutzbekleidungssystemen, einschließlich Unterwäsche, Luftspalten und/oder Designmerkmale optional durch Anwendung des gleichen Versuchsprotokolls, wie in diesem Dokument beschrieben, untersucht.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält ein Prüfverfahren zur Bewertung der physiologischen Auswirkungen von Schutzkleidungs-Stoff-Aufbauten und möglichen Schutzkleidungsensembles im Rahmen einer Reihe simulierter Aktivitäten (Phasen) unter festgelegten Umgebungsbedingungen. Dieses Standardprüfverfahren charakterisiert die wesentlichen Eigenschaften von Geweben einer repräsentativen Bekleidung oder eines Bekleidungsensembles für die thermophysiologische Bewertung:

- der trockenen thermischen Isolierung;
- der Kühleigenschaften während durchschnittlicher Stoffwechselaktivitäten und Feuchtigkeitsmanagement (Wärmeübertragung im trockenen und nassen Zustand);
- des Trocknungsverhaltens.

Standard-Messungen werden auf Stoffproben durchgeführt, die die Kleidungsstücke oder Schutzkleidungskombinationen darstellen. Optional kann zusätzlich zum Standardprüfverfahren das gleiche Prüfprotokoll angewandt werden, um komplexere Schutzkleidungsensembles mit Unterwäsche, Luftschichten und bestimmten Designmerkmalen zu charakterisieren¹⁾. Darüber hinaus sind Messungen an fertigen Kleidungsstücken möglich.

Dieses Prüfverfahren dient der Messung und Beschreibung des Verhaltens von Gewebezusammenstellungen einer Bekleidung oder von Bekleidungsensembles, die auf eine Reihe simulierter Aktivitäten unter kontrollierten Laborbedingungen reagieren, wobei die Ergebnisse hieraus zur Optimierung der Kombination von Kleidungsstücken und Materialauswahl verwendet werden. Überdies dient dieses Dokument zusammen mit ISO 18640-2 der Beschreibung der thermophysiologischen Auswirkungen von Schutzkleidung, aber nicht des Risikos des Wärmestaus unter tatsächlichen Brandbedingungen. Die Ergebnisse dieser Prüfung können als Bestandteile einer Risikobewertung hinsichtlich thermischer Belastungen herangezogen werden.

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 3696, *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

1) Eine von der Empa (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Schweiz) durchgeführte Studie zeigte eine gute Korrelation zwischen den Ergebnissen von Standard-Torso-Prüfungen (ohne Unterwäsche und Luftschichten auf Stoffen) bis hin zu Prüfungen an Stoffen mit Unterwäsche, Prüfungen an Stoffen mit Unterwäsche und Luftschichten und fertigen Kleidungsstücken (mit Unterwäsche und mit oder ohne Luftschichten) der gleichen Materialzusammensetzung. Durch die hinzugefügten Wärmedurchgangswiderstandswerte der Zusatzschichten ist jedoch ein direkter Vergleich der Ergebnisse zwischen verschiedenen Messkonfigurationen nicht möglich.

3.1

Kühlungsverzögerung

CD

(en: cooling delay)

Zeitverzögerung bis der Effekt der Verdunstungskühlung in einer experimentellen Phase mit simulierter Aktivität und Schwitzen gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kühlungsverzögerung wird in Minuten angegeben.

3.2

verdampftes Schweißwasser

Teil des zugeführten Schweißwassers, das in der aktiven Phase mit Schwitzen verdampft ist

3.3

experimentelle Phase

Teil eines Experiments, mit einer festgelegten Schweißrate und Oberflächentemperatur oder Heizleistung; ein Experiment kann aus mehreren Phasen bestehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Jede Phase simuliert eine bestimmte Situation mit definierter Temperatur oder Heizleistung und festgelegten Einstellungen der Schweißrate. Ein Standardexperiment besteht aus drei Phasen.

3.4

initiale Kühlung

IC

(en: initial cooling)

Rate, mit der sich die Temperatur nach der Kühlungsverzögerung (CD) in einer experimentellen Phase, in der eine Aktivität mit Schwitzen simuliert wird, ändert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die initiale Kühlung wird in (°C) je Stunde angegeben.

3.5

Feuchtigkeitsaufnahme

Menge der im Bekleidungssystem gespeicherten Feuchtigkeit, die durch das Gewicht des Torsos bestimmt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Feuchtigkeitsaufnahme wird in Gramm angegeben.

3.6

Nachkühlung

PC

(en: post cooling)

Ende der Kühlungsperiode in einer experimentellen Phase ohne Schwitzen und einer Heizleistung, die einem Menschen im Ruhezustand nach Ausführung einer simulierten Aktivität entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verdampfung der gespeicherten Feuchtigkeit zieht Energie aus dem schwitzenden Torso, was durch ein Absinken der Oberflächentemperatur erkannt werden kann.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Nachkühlung wird in Minuten angegeben.

3.7

Phasenprofil

Reihe experimenteller Phasen, welche das Experiment festlegen

3.8

anhaltende Kühlung

SC

(en: sustained cooling)

Rate, mit der sich die Temperatur gegen Ende einer experimentellen Phase, in der eine Aktivität mit Schwitzen simuliert wird (anhaltender Kühlungszustand), ändert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die anhaltende Kühlung wird in °C je Stunde angegeben.

3.9

Abstandshalter

Luftschicht

Rahmen oder Setup, um eine festgelegte Luftschicht zwischen Torsooberfläche und zu prüfender Schutzkleidung herzustellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Simulation von Luftschichten, die typischerweise im realen Gebrauch beobachtet werden. Eine Luftschicht beeinflusst den gesamten Wärmedurchgangswiderstand und den Feuchtigkeitstransport. Ein Abstandshalter darf zur Simulation einer festgelegten Luftschicht verwendet werden.

3.10

Schwitzwasser

Wasserzufuhr, die zur Simulation des Schwitzens dient

3.10.1

gravimetrisches System für die Zufuhr von Schwitzwasser

Steuerung der Schwitzwasserzufuhr aus einem auf einer Waage stehenden Behälter mit einer definierten Höhendifferenz zu den Schwitzdüsen, der der Abgabe einer eingestellten Wassermenge durch Öffnen und Schließen von Ventilen in einem kalibrierten Intervall dient

Anmerkung 1 zum Begriff: Es dürfen andere Arten der Schwitzwasserzufuhr verwendet werden, solange die Anforderungen dieses Dokumentes erfüllt werden.

3.11

Wärmedurchgangswiderstand

$R_{ct(Torso)}$

im Gleichgewichtszustand aus der Differenz zwischen der Temperatur der Oberfläche des Torsos und der Umgebungstemperatur, der Fläche des Geräts und der notwendigen Heizleistung zum Erhalt der Temperaturdifferenz berechnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wärmedurchgangswiderstand wird in $m^2 \cdot K/W$ angegeben.

3.11.1

Korrekturwert für $R_{ct(Torso)}$

$R_{ct0(Torso)}$

Messung des Wärmedurchgangswiderstands ohne Probe am schwitzenden Torso, um einen systemspezifischen Korrekturwert für den Wärmedurchgangswiderstand $R_{ct(Torso)}$ zu bestimmen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wärmedurchgangswiderstand nach obiger Definition hängt von der Geometrie der Prüfeinrichtung, konvektiven Bedingungen (Wind oder bewegungslose Luftschicht) und den Umgebungsbedingungen ab. $R_{ct0(Torso)}$ ist eine kumulative Größe für diesen Wert und kann von Gerät zu Gerät und von Installation zu Installation leicht abweichen. Wenn dies berücksichtigt wird, können Unterschiede bezüglich der Ergebnisse verschiedener Installationen reduziert werden.

3.12

Torsowaage

Gerät, das zur Messung des Torsogewichts verwendet wird

3.13**Oberflächentemperatur des Torsos**

durchschnittliche Temperatur an der Oberfläche des Messbereichs des Torsos

3.14**Torsogewicht**

Gesamtgewicht des schwitzenden Torsos und des Prüfobjekts während einer Prüfung

3.15**gesamtes Schwitzwasser**

Wassermenge, die der Oberfläche des Torsos in einer aktiven Phase mit Schwitzen zugeführt wird

3.16**Schwitzwasser-Verteilungs-Schicht**

dünne hydrophile Textilschicht mit festgelegtem Feuchtigkeitstransport und thermischen Eigenschaften für eine homogene Schwitzwasserverteilung

3.17**Windgeschwindigkeit**

Geschwindigkeit der Umgebungsluftströmung um den Torso während eines Experiments

Anmerkung 1 zum Begriff: Um undefinierte Grenzluftschichten infolge von zufälligen Luftwechseln innerhalb der Kammer und der Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche des Torsos und der Klimakammer zu vermeiden, wird ein Ventilationssystem verwendet. Das Ventilationssystem besteht aus Ventilatoren bzw. Lüftern, die eine einheitliche Windgeschwindigkeit von 1 m/s an der Oberfläche des Torsos schaffen (Turbulenz bis 25 %, mit einem Heizdraht-anemometer gemessen).

4 Symbole und Abkürzungen

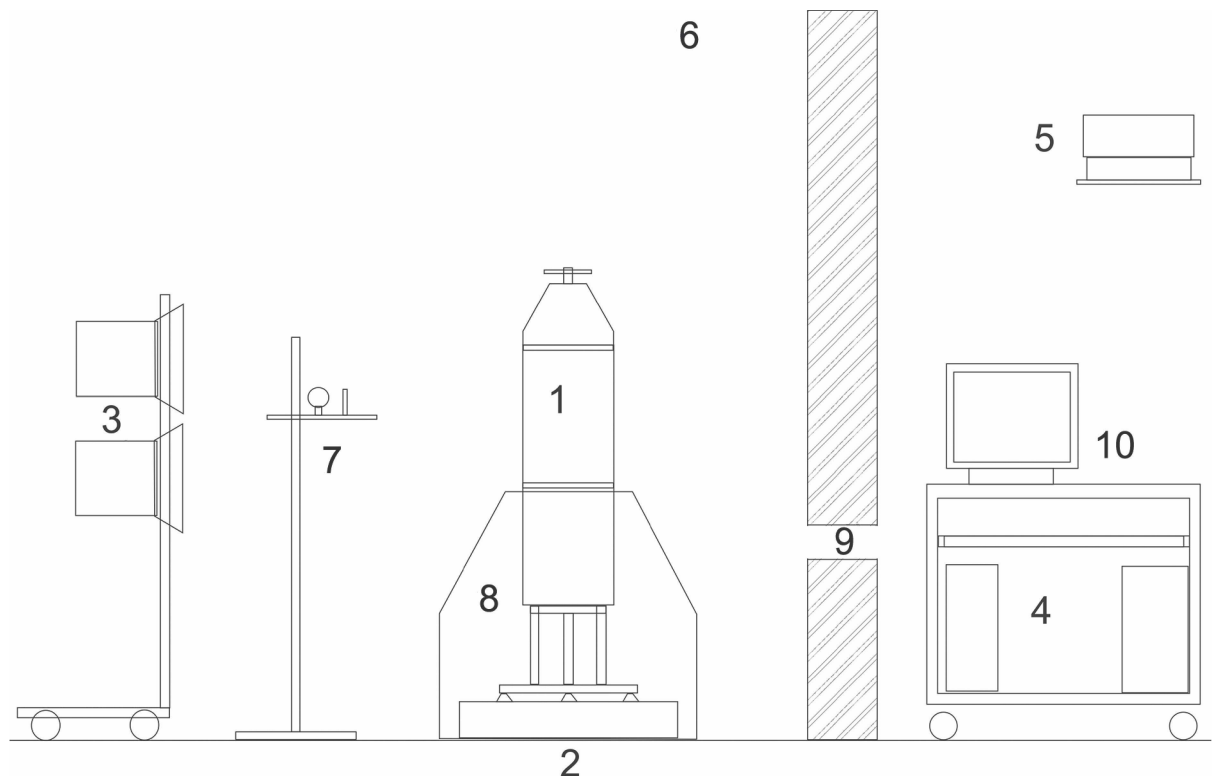
CD	Kühlungsverzögerung, in min
HDPE	hochdichtes Polyethylen (en: High Density Polyethylene)
IC	initiale Kühlung, in °C/h
PC	Nachkühlung, in min
PTFE	Polytetrafluorethylen
$R_{ct(Torso)}$	Wärmedurchgangswiderstand, in $m^2 \cdot K/W$
$R_{ct0(Torso)}$	Korrekturwert für $R_{ct(Torso)}$
RH	relative Luftfeuchte
SC	anhaltende Kühlung, in °C/h
THS	Thermal Human Simulator

5 Geräte

Der schwitzende Torso ist eine aufrecht stehende, zylindrische Prüfeinrichtung, die einen menschlichen Rumpf simuliert und über thermische Schutzschirme am oberen und unteren Ende verfügt (siehe Bild 1). Die Prüfeinrichtung verfügt über Heizfolien, Schwitzdüsen, eine mehrschichtige Hülle (Simulation der Hautschichten) und die notwendige Elektronik zur Steuerung der Ventile und Sensoren.

Das gesamte Messsystem (siehe Bild 1) besteht aus dem schwitzenden Torso (Legendenpunkt 1) auf einer Waage (Legendenpunkt 2), die sich in einer Klimakammer befindet. Mit einem Ventilationssystem (Legendenpunkt 3) wird die Windgeschwindigkeit eingestellt. Das Steuerungssystem (Legendenpunkt 4) mit Stromversorgungen, Steuerungen und Computer mit Datenerfassung kann innerhalb oder außerhalb der Kammer angebracht werden. Außerhalb der Klimakammer befindet sich ein Schwitzwasserbehälter auf einer Waage (Legendenpunkt 5), aus dem die Schwitzdüsen mit Wasser versorgt werden. Die Wasserzufuhr wird über Ventile gesteuert.

ANMERKUNG Das Design- und Kontrollsystem des schwitzenden Torsos wurde in zahlreichen Forschungsprojekten in Bezug auf verschiedene Arten von Bekleidungssystemen zur Bewertung von gekoppelter Wärme- und Stoffübertragung validiert (siehe Anhang E).



Legende

- | | |
|----------------------|--|
| 1 Torso | 6 Klimakammer |
| 2 Torsowaage | 7 Umgebungssensoren |
| 3 Ventilationssystem | 8 Rahmen zur Minimierung des Windeinflusses |
| 4 Steuerungssystem | 9 Wand der Klimakammer mit Öffnungen für die Kabel |
| 5 Schwitzwasserwaage | 10 Computer, Monitor und Drucker |

Bild 1 — Beispiel eines Torsomesssystems

5.1 Schwitzender Torso

5.1.1 Allgemeines

Der schwitzende Torso wurde entwickelt, um den menschlichen Rumpf zu simulieren. Der Zylinder muss aus einer Aluminiumröhre, jeweils einer Lage HDPE²⁾ und PTFE mit einem Außendurchmesser von $(30,0 \pm 0,25)$ cm (Umfang $\sim 94,25$ cm) und einer Länge von $(46,0 \pm 0,25)$ cm bestehen. In der Aluminiumröhre befinden sich Heizfolien. Am unteren und oberen Ende des aufrecht stehenden Zylinders befinden sich thermische Schutzschirme mit individuell gesteuerter Beheizung. Es befinden sich Temperatursensoren im Aluminiumteil (Pt-100-Sensoren oder gleichwertig) und an der Oberfläche des Messzylinders (Nickeldrähte oder gleichwertig).

Die elektronischen Komponenten zur Steuerung der Ventile für die 54 Schwitzdüsen können in dem unteren Schutzschirm (siehe Bild A.1) oder in einem Elektronikgehäuse außerhalb des Torsos untergebracht werden. Hier können sich auch Wandler befinden, welche die Widerstandswerte der Temperatursensoren umwandeln. Auch die Elektronik zur Datenerfassung und Temperatursteuerung darf ganz oder teilweise in den Hohlraum der Schutzeinrichtungen platziert werden. Es muss darauf geachtet werden, dass die Heizleistung dieser Komponenten die Temperatursteuerung des unteren Schutzschirms nicht beeinträchtigt, wodurch die Messwerte im Hauptzylinder beeinflusst werden würden.

Der Bereich zwischen dem Zylinder und dem Schutzschirm muss durch thermisch isolierende Scheiben getrennt werden (Wärmeleitfähigkeit weniger als $0,35$ [W/m·K]), um den Wärmefluss zwischen dem Messzylinder und den Schutzeinrichtungen zu begrenzen. Eine detailliertere technische Beschreibung findet sich im Anhang A.

Die Masse des Zylinders, der thermischen Schutzeinrichtungen und der Geräte muss ungefähr $(82,5 \pm 2,5)$ kg betragen.

5.1.2 Beheizter Zylinder

Der zentrale Teil des Torsos ist der Bereich, in dem die Messung stattfindet (Flächeninhalt von ungefähr $0,4335$ m²). Die innere Aluminiumröhre wird durch mehrere Schichten synthetischen Materials mit ähnlichen thermischen Eigenschaften wie die der menschlichen Haut abgedeckt (6 mm HDPE- und PTFE-Folie, siehe Anhang A).

5.1.3 Abschnitte der thermischen Schutzschirme

Es besteht jeweils ein thermischer Schutzschirm an jedem Ende des Messzylinders, die aus Aluminium sind und denselben Durchmesser wie der Messzylinder haben. Diese zwei Segmente werden separat gesteuert und beheizt, was sicherstellt, dass kein störender Wärmefluss vom oder zum Messzylinder entsteht, was durch die thermisch isolierenden Scheiben zwischen den Abschnitten unterstützt wird. Zusätzlich kann der Freiraum in dem unteren Schutzschirm als Einhausung für die Elektronik zur Messung der Temperaturen und Steuerung der Ventile verwendet werden.

Der obere Schutzschirm verfügt über ein konisches Ende und ist im Vergleich zur unteren Schutzeinrichtung kleiner, um das Anlegen von gebrauchsfertigen Kleidungsstücken am Gerät zu ermöglichen.

2) HDPE: Hochdichtes Polyethylen. Z. B. PAS-PE3, Wärmeleitfähigkeit: $(0,41 \pm 0,02)$ W/(m·K); Wärmekapazität: $(2,0 \pm 0,3)$ kJ/(kg·K)

5.1.4 Heizung und Temperatursteuerung

Für jedes Segment des Torsos müssen Heizelemente vorgesehen werden. Es werden eine Stromversorgung und Steuerungseinrichtungen zur Einstellung der Temperatur und Heizleistung für jedes Segment benötigt. Die Stromversorgungen müssen in der Lage sein, eine Ausgangsleistung von mindestens 500 W für den Messzylinder und 240 W für jede der beiden Schutzschirme zu liefern.

5.1.5 Temperaturmessung

Temperatursensoren (Pt100 oder gleichwertig) im Aluminiumteil des Torsos, sowie Nickeldrähte (oder gleichwertig) für die integrale Auswertung der Oberflächentemperatur werden zur Steuerung und Überwachung der Temperatur in den einzelnen Segmenten des Torso-Gerätes verwendet. Optional können weitere Sensoren in der Nähe der Außenschichten für THS-Messungen nach ISO 18640-2 verwendet werden. Die Temperatursensoren müssen eine Fehlergrenze von maximal 0,1 °C im Bereich von 15 °C bis 50 °C aufweisen. Weitere Details enthält A.7.

5.1.6 Simulation des Schwitzens

Es wird eine geeignete Hardware für die Steuerung der Schwitzwasserzufuhr benötigt. Dies kann eine gravimetrische Schwitzwassersteuerung (siehe 5.5.1) oder ein beliebiges anderes System sein, mit der die Anforderungen in 5.5 erfüllt werden können. Die Temperatur des Wassers, das aus den Schwitzdüsen austritt, muss innerhalb von 0,5 °C der Temperatur des Messzylinders liegen.

ANMERKUNG Der innere Durchmesser und die Länge der Röhren vom Wasserspeicher zu den Düsen haben einen Einfluss auf die Menge des abgegebenen Wassers.

5.1.7 Schwitzwasser-Verteilungs-Schicht

Für eine homogene Feuchtigkeitsverteilung auf der Torso-Oberfläche ist eine dünne hydrophile Textillage mit festgelegtem Feuchtigkeitstransport und festgelegten thermischen Eigenschaften zu verwenden. Die Schwitzwasser-Verteilungs-Schicht ist für alle Messungen zu verwenden und muss die Anforderungen nach Tabelle 1 erfüllen. Diese muss auch bei der Prüfung von Kombinationen mit hydrophoben Innenflächen eine ausreichend gleichmäßige Schwitzwasserverteilung ermöglichen [16].

ANMERKUNG 1 Die menschliche Haut hat 50 bis 250 Schweißdrüsen je cm², die für Körperbereiche variieren [14], während der Torso nur 0,01 Schwitzdüsen je cm² enthält. Die Verwendung einer Schwitzwasser-Verteilungs-Schicht mit guten, symmetrischen Schwitzwasser-Verteilungs-Eigenschaften und einer geringfügigen zusätzlichen thermischen Isolierung gewährleistet eine gleichmäßige Verteilung der Feuchtigkeit.

Tabelle 1 — Anforderungen an die Schwitzwasser-Verteilungs-Schicht

Eigenschaft	Standard	Wert/Bereich	Einheit
Dicke	ISO 5084	0,8 ± 0,15	mm
Gewicht (g/m ²)	ISO 3801	200 ± 10	g/m ²
Benetzungszeit [MMT (en: moisture management test) oben/unten]	AATCC 195	< 3,5 (Klasse schnell)	s
Max. benetzter Radius (MMT oben/unten)		> 20 (Klasse groß)	mm
Wärmedurchgangswiderstand R_{ct}	ISO 11092	0,01 ± 0,005	m ² ·K/W

ANMERKUNG 2 Textilien unterliegen einer Alterung und werden sich möglicherweise verändern.