

Persönliche Schutzausrüstung
Ergonomische Grundsätze
Teil 4: Thermische Kenngrößen
Deutsche Fassung prEN 13921-4:2003

DIN
EN 13921-4

ICS 13.180; 13.340.01

Einsprüche bis 2003-09-30

EntwurfErsatz für
E DIN EN 13921-4:2000-09

Personal protective equipment —
Ergonomic principles — Part 4: Thermal characteristics;
German version prEN 13921-4:2003

Equipements de protection individuelle —
Principes ergonomiques — Partie 4: Caractéristiques thermiques;
Version allemande prEN 13921-4:2003

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nps@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung (NPS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin).

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab¹⁾

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Dieser europäische Norm-Entwurf wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ erarbeitet.

Für die Deutsche Fassung ist der Arbeitsausschuss Sp-CEN/TC 122/JWG 9 „Ergonomische Grundlagen für persönliche Schutzausrüstungen“ im Normenausschuss Persönliche Schutzausrüstung (NPS) verantwortlich.

¹⁾ Wird bei Herausgabe als Norm festgelegt.

Fortsetzung Seite 2
und 18 Seiten prEN

Für die im Text des europäischen Norm-Entwurfs zitierte Internationale Norm wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

ISO 7933 siehe DIN EN 12515

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 12515, *Warmes Umgebungsklima — Analytische Bestimmung und Beurteilung der Wärmebelastung durch Berechnung der erforderlichen Schweißrate (ISO 7933:1989, modifiziert).*

Persönliche Schutzausrüstung — Ergonomische Grundsätze — Teil 4: Thermische Kenngrößen

Equipements de protection individuelle — Principes ergonomiques — Partie 4 : Caractéristiques thermiques

Personal protective equipment — Ergonomic principles — Part 4 : Thermal characteristics

ICS:

Deskriptoren:

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe	6
4 Ergonomische Validierung	8
4.1 Einleitung.....	8
4.2 Beurteilungsstufen	10
4.2.1 Einleitung.....	10
4.2.2 Werkstoffprüfungen.....	10
4.2.3 Prüfung mit der Thermopuppe und /oder Modellierung.....	11
4.2.4 Probandenprüfungen unter Laborbedingungen	11
5 Empfohlene Prüfverfahren.....	12
5.1 Materialprüfungen.....	12
5.1.1 Wasserdampfbeständigkeit und Beständigkeit gegen Eindringen von Wasser.....	12
5.1.2 Thermische Isolierung (Widerstand)	12
5.1.3 Luftdurchlässigkeit.....	12
5.2 Prüfungen von Prototypen von PSA.....	12
5.2.1 Prüfungen mit Messpuppen	12
5.2.2 Modellieren	12
5.2.3 Probandenprüfungen	13
6 Informationen des Herstellers	13
Anhang A (informativ)	14
A.1 Einleitung.....	14
A.2 Arbeitsaufgabe.....	14
A.3 Probanden	14
A.4 Sicherheit der Probanden	15
A.5 Messungen	15
Anhang ZA (informativ) Abschnitte dieser Europäischen Norm, die wesentliche Anforderungen oder andere Vorgaben von EU-Richtlinien betreffen.....	17
Bibliographie	18

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13921-4) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur zweiten CEN-Umfrage vorgelegt.

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

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokumentes ist.

Anhang A ist normativ.

Die Reihe von europäischen Norm-Entwürfen prEN 13921 zur „Anwendung ergonomischer Grundsätze für persönliche Schutzausrüstung“ ist in mehrere Teile unterteilt. Folgende Teile wurden beschlossen. Sie werden veröffentlicht entsprechend ihrer Verfügbarkeit.

prEN 13921-1, *Persönliche Schutzausrüstung — Ergonomische Grundsätze — Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Konstruktion und Spezifikation.*

prEN 13921-2, *Persönliche Schutzausrüstung — Ergonomische Grundsätze — Teil 2: Leitfaden zu anthropometrischen Faktoren.*

prEN 13921-3, *Persönliche Schutzausrüstung — Ergonomische Grundsätze — Teil 3: Biomechanische Kenngrößen.*

prEN 13921-4, *Persönliche Schutzausrüstung — Ergonomische Grundsätze — Teil 4: Thermische Kenngrößen.*

prEN 13921-5, *Persönliche Schutzausrüstung — Ergonomische Grundsätze — Teil 5: Leitfaden zu sensorischen Faktoren.*

prEN 13921-6, *Persönliche Schutzausrüstung — Ergonomische Grundsätze — Teil 6: Sensorische Faktoren.*

Einleitung

Diese Europäische Norm in allen ihren Teilen enthält einen Leitfaden zu ergonomischen Grundsätzen für persönliche Schutzausrüstung (PSA) zur Berücksichtigung durch diejenigen, die Produktnormen erarbeiten.

Ergonomie beinhaltet die Anwendung wissenschaftlicher Methoden und geeigneter Daten für die Gestaltung und Beschreibung von Maschinen, PSA, Ausrüstung, Umgebungen und Systemen, die von Menschen verwendet werden. Die erfolgreiche Anwendung von Ergonomie wird die Sicherheit, Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Produktivität des Benutzers verbessern und führt zu größerem Komfort und Befriedigung bei der Durchführung ihrer Aktivitäten.

Der Nachweis, dass die relevanten wesentlichen Anforderungen für ergonomische Eigenschaften entsprechend der Richtlinie des Rates 89/686/EEC erfüllt sind, darf durch die Anwendung von Produktnormen einschließlich ergonomischer Anforderungen, die auf den verschiedenen Teilen der EN 13921 basieren, geführt werden. Es ist beabsichtigt, dass diese Reihe von informativen Normen angewendet wird, um Technische Komitees bei der Erarbeitung von PSA-Produktnormen anzuleiten. Ergonomische Anforderungen sind nicht als Zusatz zur üblichen guten Konstruktionspraxis zu sehen und unterscheiden sich von dieser nicht.

PSA wird in Situationen benutzt, in denen ein reales, potentielles oder angenommenes Risiko für Gesundheit oder Sicherheit erkannt wurde. Nebenwirkungen bei der Verwendung von PSA können von Unbehaglichkeit bis zu starker Beeinträchtigung und körperlicher Belastung reichen. Die bevorzugte Lösung ist, das Risiko bis auf null zu verringern, so dass dadurch die Notwendigkeit für das Tragen von PSA entfällt. Wenn dieses nicht möglich ist, sollte die Gefahr soweit verringert werden, dass praxisnahe PSA das Risiko für diejenigen Personen minimieren kann, die dieser Gefahr ausgesetzt sind. Die Anwendung der ergonomischen Grundsätze zu PSA erlaubt die Optimierung der Balance zwischen Schutz und Praktikabilität und unterstützt die Beurteilung der möglichen Einsätze von PSA, wenn Risikobewertungen durchgeführt werden.

Der vorliegende Teil der Norm sollte im Zusammenhang mit EN 13921-1 angewandt werden, die eine Einleitung zu der Normenreihe darstellt.

Wird ein Körperteil mit einer PSA bedeckt, besteht die Gefahr einer Störung des Wärmeaustauschs. Liegt die PSA nur lose an oder bedeckt nur eine sehr kleine Körperfläche, ist eine solche Wirkung nur in geringem Umfang zu erwarten. Bedeckt die PSA hingegen eine beträchtliche Körperoberfläche oder liegt eng am Körper an, können schädliche Wirkungen auftreten. Hitzebelastung ist als ein anhaltendes und möglicherweise ernstes Gesundheitsrisiko für Arbeiten mit PSA, die den größten Teil des Körpers bedeckt, anzusehen.

Die allgemeinste thermische Belastung durch PSA ist:

- Allgemeines und lokales thermisches Unbehagen
- Hitzebelastung wegen Wärmerückhaltung
- Dehydration wegen erhöhten Schwitzens.

Bei der Untersuchung wahrscheinlich auftretender Auswirkungen dieser Art sollten stets die Umstände berücksichtigt werden, unter denen die PSA voraussichtlich getragen wird. Die schädlichen Auswirkungen werden bei erhöhter Umgebungstemperatur oder -feuchtigkeit oder beim Verrichten schwerer körperlicher Arbeit noch verschärft. Auch wenn die Auswirkungen beim Tragen einer einzelnen PSA als unbedeutend angesehen werden können, können sie durch die kombinierte Einwirkung mehrerer PSA, die üblicherweise zusammen getragen werden, verstärkt werden. Die Auswirkungen können sich z. B. in Form von thermischem Unbehagen äußern. Bei einer erheblichen Störung des Wärmeaustauschs kann die PSA (insbesondere Kleidung) aber auch das Risiko hitzebedingter Krankheitserscheinungen und sogar Tod hervorrufen bzw. begünstigen. Das Auftreten thermischen Unbehagens sollte nicht unterschätzt werden, da es den vorgesehenen Anwender dazu verleiten kann, die betreffende PSA entweder gar nicht oder nicht bestimmungsgemäß zu benutzen. Dies kann zur Beeinträchtigung oder zum Verlust des angestrebten Schutzes führen.

Die Prüfanforderungen lassen sich hierarchisch gliedern. Hierbei sind folgende Faktoren zu berücksichtigen: die Größe der bedeckten Körperoberfläche, die Dampfdurchlässigkeit, die Wärmeisolierung, die voraussichtliche

Tragedauer der PSA und die voraussichtliche körperliche Betätigung des Trägers. Auf der einen Seite des Spektrums wird eine PSA, die nur einen begrenzten Teil der Körperoberfläche bedeckt, hohe Dampfdurchlässigkeit und geringe Wärmeisolierung aufweist, für kurze Tragezeiten bestimmt ist, und bei der eine geringe körperliche Betätigung des Trägers zu erwarten ist, wahrscheinlich kein lokales körperliches Unbehagen oder übermäßige Wärmerückhaltung hervorrufen, so dass eine spezielle Prüfung der entsprechenden PSA nicht erforderlich ist. Das andere Extrem ist eine den ganzen Körper bedeckende Kleidung mit geringer Dampfdurchlässigkeit, hoher Isolationsfähigkeit, langen Tragezeiten und voraussichtlich starker körperlicher Belastung des Trägers: Hier ist mit dem Auftreten thermischen Unbehagens und mit beträchtlicher Wärmerückhaltung zu rechnen. Bei einer solchen PSA ist es sicherlich angebracht, umfassende Prüfungen entsprechend der folgenden Beschreibungen vorzunehmen.

Eine PSA, die lediglich einen geringen Teil der Körperoberfläche bedeckt, wird allein sicherlich keine wesentliche Wärmerückhaltung hervorrufen. Bei eng anliegender PSA tritt jedoch aufgrund von Schweißansammlung ein erhebliches lokales thermisches Unbehagen auf, auch wenn lediglich eine relativ kleine Körperoberfläche bedeckt ist (z. B. bei Kapselgehörschutz). Sofern bei der Erarbeitung von Produktnormen nicht das Gegenteil nachgewiesen werden kann (d. h. aufgrund früherer Erfahrungen oder Produktprüfungen), müssen alle PSA-Produktnormen Anforderungen für die Beurteilung der Wärmewirkung unter entsprechenden Tragebedingungen (Umgebungs-klima, Tragedauer, körperliche Betätigung etc.) enthalten. Auch wenn ein gewisses Maß an thermischem Unbehagen als unvermeidlich angesehen werden kann, muss ein Kriterium für dessen Erträglichkeit aufgestellt werden, wobei das Ausmaß des Risikos, gegen das die jeweilige PSA schützen soll, in vollem Umfang berücksichtigt werden muss.

In extrem warmem Umgebungs-klima ist bei nahezu vollständiger Bedeckung der Körperoberfläche mit dem Auftreten von Wärmerückhaltung und möglicherweise Hitzestress zu rechnen. Normen für PSA, die speziell für den Einsatz in solcher Umgebung gedacht ist oder von der zu erwarten ist, dass sie in solcher Umgebung eingesetzt wird, sollten diesen Aspekt berücksichtigen und müssen Prüfverfahren zur Beurteilung des möglichen Risikos enthalten. Die in PSA-Normen vorgegebene Vorgehensweise muss eine Anforderung zur Durchführung einer Risikoanalyse enthalten sowie ein wie im folgenden beschriebenes Prüfverfahren aufzeigen, das angewandt werden muss, wenn ein Risiko festgestellt wurde.

Die ergonomische Gestaltung und die Beurteilung der thermischen Wirkung von PSA schließen die Ermittlung und die quantitative Bestimmung wichtiger Kennwerte mit ein, wobei im Hinblick auf den Erhalt der Schutzfunktion der beste Kompromiss zu finden ist und die entsprechenden, zur Gewährleistung von Wohlbefinden und zur Reduzierung der Störwirkung erforderlichen Tragebedingungen festzulegen sind. Durch die Anwendung dieser Norm sollten sich die unerwünschten thermischen Wirkungen, die bei der Verwendung von PSA unter heißen oder kalten Bedingungen entstehen können, auf ein Mindestmaß reduzieren lassen. Daher beschreibt diese Norm die Bandbreite tolerierbarer physiologischer Reaktionen, subjektive Einschätzungen des thermischen Wohlbefindens und Verfahren zur Beurteilung der Annehmbarkeit, um das Risiko hitze- oder kältebedingter Störungen zu minimieren.

Die im folgenden dargestellten Grundsätze gelten grundsätzlich, es gibt jedoch auch einige Ausnahmen. So kondensiert z. B. bei vielen Arten von Atemschutz-ausrüstungen die Feuchtigkeit aus der Ausatemluft, was zu lokalem thermischen Unbehagen führen kann.

Während unter bestimmten Umständen (z. B. Lagerung tiefgekühlter Lebensmittel) ein hoher Isolationsgrad erstrebenswert ist, kann Schweißrückhaltung bei schwerer körperlicher Arbeit in anschließenden Phasen leichter körperlicher Anstrengung das Auftreten thermischen Unbehagens begünstigen (sowie die effektive Wärmeisolierung herabsetzen). Bei der Erarbeitung von PSA-Normen sollten diese möglichen Auswirkungen berücksichtigt werden.

Grundlage dieser Norm ist in allen als zutreffend angesehenen Fällen die Anwendung von Europäischen Normen und ISO-Normen für die Beurteilung des thermischen Wohlbefindens und der thermischen Belastung. Darüber hinaus sind jedoch auch andere Verfahren empfohlen.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm ist ein Leitfaden zu den thermischen ergonomischen Grundsätzen, die bei der Erarbeitung von Produktnormen über persönliche Schutzausrüstungen (PSA) berücksichtigt werden sollten.

Diese Norm empfiehlt Prüfungen zur Ermittlung des Bereichs der thermischen Bedingungen, in denen der Einsatz von PSA als sicher anzusehen ist.

2 Normative Verweisungen

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

ENV 342:1998, *Schutzkleidung — Kleidungssysteme zum Schutz gegen Kälte.*

ENV 343:1998, *Schutzkleidung — Schutz gegen schlechtes Wetter.*

EN 511:1994, *Schutzhandschuhe gegen Kälte.*

EN 20811:1992, *Textilien — Bestimmung des Widerstandes gegen das Durchdringen von Wasser; Hydrostatischer Druckversuch (ISO 811:1981).*

EN 27243, *Warmes Umgebungsklima — Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index (wet bulb globe temperature).*

EN 28996:1993, *Ergonomie — Bestimmung der Wärmeerzeugung im menschlichen Körper.*

EN 31092:1993, *Textilien — Physiologische Wirkungen — Messung des Wärme- und Wasserdampfdurchgangswiderstandes unter stationären Bedingungen (sweating guarded-hotplate test) (ISO 11092:1993).*

EN ISO 6942:2002, *Schutzkleidung — Schutz gegen Hitze und Feuer — Prüfverfahren: Beurteilung von Materialien und Materialkombinationen, die einer Hitze-Strahlungsquelle ausgesetzt sind.*

EN ISO 9237:1995, *Textilien — Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von textilen Flächengebilden.*

EN ISO 9886:2001, *Ermittlung der thermischen Belastung durch physiologische Messungen.*

EN ISO 10551:2001, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Beurteilung des Einflusses des Umgebungsklimas unter Anwendung subjektiver Bewertungsskalen.*

ENV ISO 11079:1998, *Bewertung von Kälteumgebungen — Bestimmung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ).*

EN ISO 12894:2001, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Medizinische Überwachung von Personen, die einer extrem heißen oder kalten Umgebung ausgesetzt sind.*

ISO 7933:1989, *Hot environments — Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate.*

BS 7963:2000, *Ergonomics of the thermal environment — Guide to the assessment of heat strain of workers wearing personal protective equipment.*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe:

3.1

Kältebelastung

Absenkung der Körpertemperatur infolge von anhaltender Kälteeinwirkung, die nicht vollständig durch einen Wärmeausgleich oder durch thermisch wirksame Aktivität als Reaktion auf die Kälteeinwirkung kompensiert werden kann, wodurch bleibende Veränderungen des Zustands anderer, nicht-thermischer Regulationssysteme hervorgerufen werden

3.2

Kerntemperatur

die mittlere Temperatur der thermischen Kernzone des Körpers (°C)

3.3

Allgemeines thermisches Wohlbefinden

vollständige subjektive Indifferenz gegenüber der thermischen Umgebung auf der Grundlage der Empfindung des gesamten Körpers

3.4

Hitzebelastung

Erhöhung der Körpertemperatur infolge von anhaltender Hitzeeinwirkung, die nicht vollständig durch einen Wärmeausgleich oder durch thermisch wirksame Aktivität als Reaktion auf die Hitzeeinwirkung kompensiert werden kann, wodurch bleibende Veränderungen des Zustands anderer, nicht-thermischer Regulationssysteme hervorgerufen werden

3.5

lokales thermisches Wohlbefinden

subjektive Zufriedenheit mit der thermischen Umgebung auf der Grundlage von lokalen Empfindungen der Körperoberfläche

3.6

mittlere Hauttemperatur

Summe der Produkte aus den Flächen aller Regionen der Körperoberfläche und ihrer mittleren Temperaturen dividiert durch die gesamte Körperoberfläche (°C)

3.7

normale Kerntemperatur

Kerntemperatur zu einer beliebigen Tageszeit bei normaler Tätigkeit unter normalen Umgebungsbedingungen

3.8

vorhergesagter Prozentsatz an Unzufriedenheit (PPD)

Kennziffer, die eine quantitative Vorhersage der Anzahl der mit den thermischen Bedingungen unzufriedenen Personen verwendet wird, und den Prozentsatz von Personen angibt, die in einer bestimmten Situation zu sehr frieren oder schwitzen würden

3.9

Wärmeleitwert

Wert der Wärmeleitung zwischen Flächeneinheiten zweier paralleler Oberflächen in einem Medium, wenn der Temperaturunterschied zwischen den Einheiten aufrechterhalten wird [$W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$]

3.10

thermische Isolierung

Kehrwert des Wärmeleitwerts [$W^{-1} \cdot m^2 \cdot ^\circ C$]

3.11

Wärmeempfinden

subjektive Wahrnehmung des thermischen Zustands

3.12

Verdunstungswiderstand einer Bekleidungskombination (Rcl)

Widerstand einer gleichmäßigen Isolationsschicht, die den gesamten Körper bedeckt, gegen Dampftransport, der unter standardisierten Bedingungen (statisch, windstill) die selbe Auswirkung auf den Verdunstungswärmeverlust hat wie die tatsächliche Bekleidung. Die Definition von Rcl schließt ebenfalls die unbedeckten Körperteile, wie beispielsweise Kopf oder Hände, ein [$m^2 \cdot kPa \cdot ^\circ W^{-1}$]

4 Ergonomische Validierung

4.1 Einleitung

Insbesondere bei Verwendung in Kombination mit normaler Kleidung beeinträchtigt PSA den Wärmeaustausch zwischen Träger und Umgebung durch erhöhte thermische Isolierung oder die Erhöhung des Verdunstungswiderstands. Um das Ausmaß dieser Beeinträchtigung zu verringern, ist es notwendig, sowohl bei der Vorbereitung von Produktnormen als auch in der Gestaltungsphase ergonomische Grundsätze zu berücksichtigen, damit die Schutzfunktion unter Gewährleistung des bestmöglichen thermischen Wohlbefindens des Trägers erhalten bleibt.

Es ist offensichtlich, dass bei einer PSA, die keine erhebliche Einschränkung des Wärmeaustausches bewirkt, ein wesentlich höheres Maß an Bequemlichkeit und Effizienz möglich ist. Eine solche Verbesserung ist bis zu einem gewissen Grad durch die Auswahl geeigneter Werkstoffe und durch vorteilhafte Gestaltung erreichbar.

PSA muss nach Möglichkeit so gestaltet sein, dass bei den bedeckten Teilen des Körpers in ausreichendem Maße Belüftung und Feuchtigkeitsaustausch gewährleistet sind, wenn dies erforderlich ist.

Inwieweit der Wärmeaustausch des Trägers insgesamt beeinflusst wird, hängt von der Wechselwirkung zwischen der thermischen Umgebung, der Tätigkeit und der Kleidung/PSA ab. Daher gilt für jede Kombination von Kleidung und PSA ein oberer und ein unterer Grenzbereich von Umgebungsbedingungen für definierte Stufen der körperlichen Anstrengung, in dem jeweils nur geringes Unbehagen des Trägers zu erwarten ist. Durch die richtige Festlegung geeigneter Grenzwerte bzw. thermischer Eigenschaften zur Berechnung solcher Grenzwerte kann der Anwender feststellen, unter welchen Einsatzbedingungen eine unzumutbare lokale bzw. allgemeine Hitzebelastung oder Unbehagen zu erwarten sind.

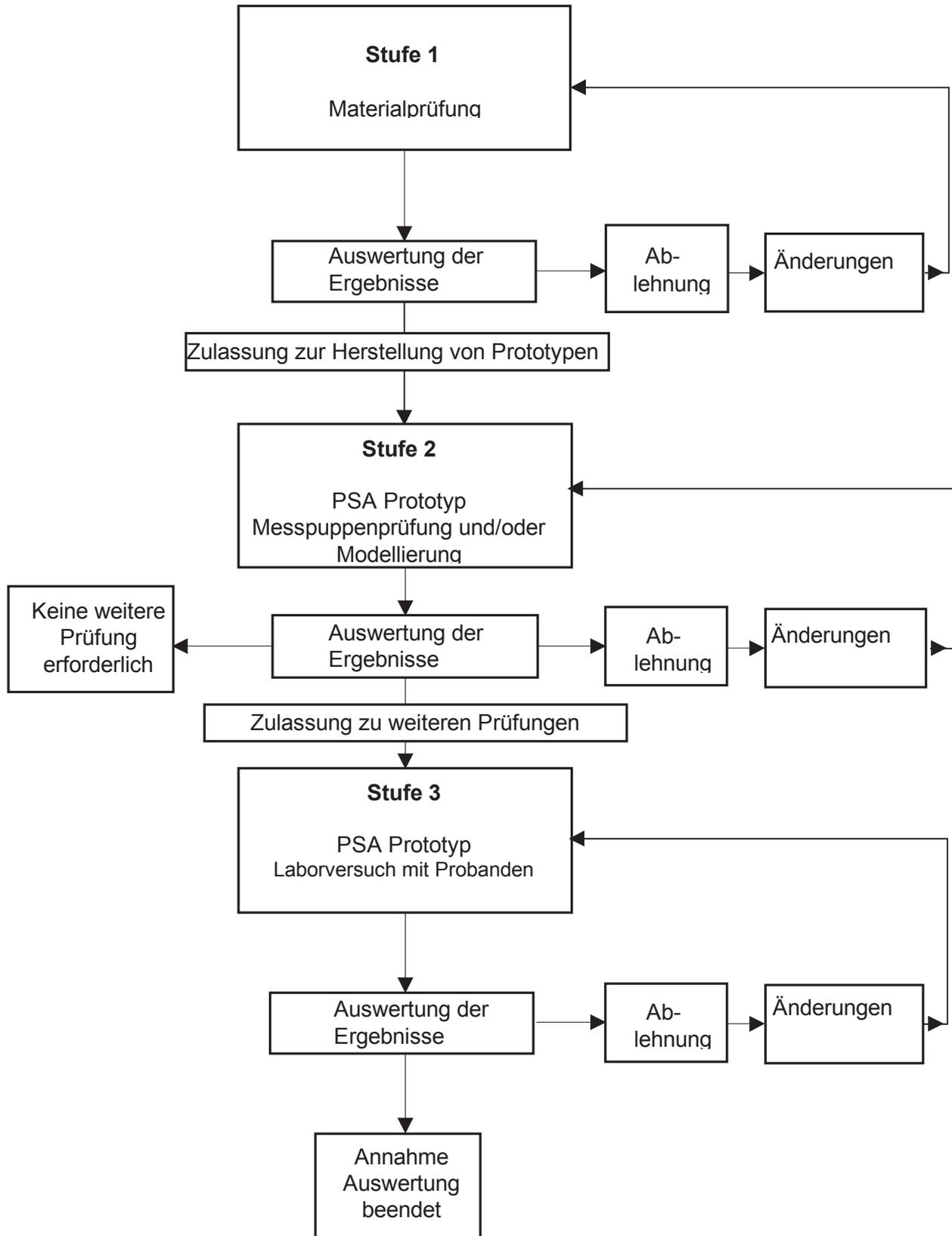


Bild 1 — Systematische Berücksichtigung von thermischen Aspekten bei der ergonomischen Gestaltung von PSA

4.2 Beurteilungsstufen

Es wird empfohlen, dass der unten beschriebene Prozess durchgeführt wird, um sicherzustellen, dass alle Aspekte des Wärmeaustauschs systematisch berücksichtigt werden und dass die entsprechenden Stufen in Produktnormen berücksichtigt werden.

4.2.1 Einleitung

Bild 1 zeigt ein System zur Entwicklung thermischer Kenngrößen während der verschiedenen Stufen im Entwicklungsprozess. Bei der Erarbeitung von Produktnormen sollte berücksichtigt werden, wie Elemente dieses Systems innerhalb einer Produktnorm angewendet werden können.

4.2.2 Werkstoffprüfungen

Bei der Auswahl von Stoffen und Werkstoffen für PSA (Bild 1 – Stufe 1, Tabelle 1) muss darauf geachtet werden, dass diese nicht nur den erforderlichen Schutz vor den zu erwartenden Gefahren ermöglichen, sondern auch den normalen Wärmeaustausch so wenig wie möglich beeinträchtigen. Auf der Grundlage der Materialprüfung lassen sich die Materialien danach einstufen, welche der jeweils erforderlichen Eigenschaften sie aufweisen.

Sofern erforderlich, müssen die thermischen Eigenschaften akzeptabler Materialien und entsprechende Messverfahren spezifiziert werden.

- thermische Isolierung - hoher Grad für kalte Umgebungen, niedriger Grad für heiße Umgebungen;
- Verdunstungswiderstand - niedriger Widerstand unterstützt Wärmeverlust durch Schweißverdunstung;
- Luftdurchlässigkeit - niedriger Grad für kalte und windige Umgebungen, hoher Grad für heiße Umgebungen;
- Wasserdichtheit, falls erforderlich;
- Wasseraufnahme, falls erforderlich.

Werden mehrere Schichten bei einem Prototyp übereinandergelegt, müssen die Eigenschaften der Summe der Schichten bewertet werden. Das am wenigsten durchlässige Material bestimmt den Verdampfungswiderstand.

Tabelle 1 — Parameter für die Bewertung bei verschiedenen Stufen der Entwicklung von PSA

	Stufe 1 Materialprüfung	Stufe 2 PSA-Prototyp, Messpuppenprüfung und Modellierung	Stufe 3 PSA-Prototyp, Laborprüfung mit Probanden
	Thermische Eigenschaften		Thermisches Wohlbefinden und thermische Belastung
Prüfparameter	Wasserdampfdurchlässigkeit und Wasserfestigkeit	Wasserdampfdurchlässigkeit und Wasserfestigkeit	Kerntemperatur
	thermischer Widerstand	thermischer Widerstand	Hauttemperatur
	Luftdurchlässigkeit	Luftdurchlässigkeit (Belüftung)	Herzfrequenz
			Schweißrate
			Wärmeempfinden
			thermisches Wohlbefinden

Nach Prüfung in Stufe 1 kann das geprüfte Material:

- a) annehmbar für die Herstellung von PSA sein
- b) ohne Änderungen nicht annehmbar für die Verwendung in PSA sein

4.2.3 Prüfung mit der Thermopuppe und /oder Modellierung

PSA-Prototypen werden aus dem in Stufe 1 ausgewählten Ausgangsmaterial hergestellt (Bild 1, Tabelle 1). In Stufe 2 werden die Prototypen als komplette PSA bewertet und nach Verfahren geprüft, die geeignet sind, in Produktnormen aufgenommen zu werden.

Dabei kann der beste Kompromiss bezüglich Schutzfunktion, Ergonomie, Kosten usw. gefunden werden.

Die thermischen Auswirkungen auf den menschlichen Körper werden nicht allein durch die PSA bestimmt, sondern hängen von der gesamten Kombination ab, die voraussichtlich getragen wird. Nachdem die vollständige Kombination festgelegt worden ist, werden ihre thermischen Eigenschaften an einer Thermo-Messpuppe oder mittels thermischen Modellen ermittelt. Auf der Grundlage der Prüfergebnisse kann eine untere und eine obere Umgebungstemperatur für bestimmte Stufen körperlicher Anstrengung vorausgesagt werden, die jeweils mit definierten Stufen physiologischer Belastung verbunden sind. Der untere Temperaturwert steht für die maximal erträgliche Kältebelastung und der obere Temperaturwert für die maximal erträgliche Hitzebelastung.

Ähnliche Grundsätze dürfen angewendet werden unter Verwendung von Messpuppen für die Bewertung von PSA, die den Körper teilweise bedeckt.

Nach Prüfung in Stufe 2 kann eine PSA:

- a) ohne weitere Prüfung annehmbar sein
- b) ohne Änderungen nicht annehmbar für weitere Prüfungen sein
- c) annehmbar für weitere Prüfungen mit Probanden sein zur Validierung von Schlussfolgerungen

In Produktnormen müssen Annahmekriterien festgelegt werden für die Bewertung der thermischen ergonomischen Leistungsfähigkeit der PSA.

4.2.4 Probandenprüfungen unter Laborbedingungen

Information über Probandenversuche ist in EN 13921-1, Anhang A, und Anhang A dieser Norm enthalten.

Für einige Arten von Exposition und einige Arten von PSA gibt es keine einfachen Verfahren für die Vorhersage von thermischem Unbehagen oder physiologischer Belastung.

Prüfung mit Probanden kann auch erforderlich sein, wenn diese thermischen Effekte in vorherigen Stufen schwierig vorherzusagen sind mit hinreichender Genauigkeit.

Üblicherweise werden Probandenversuche in thermischen Umgebungen und bei Aktivitäten durchgeführt, die den voraussichtlichen Anwendungsbereich abdecken.

Solche Prüfungen dürfen unter standardisierten Laborbedingungen durchgeführt werden (Laufband in Klimakammer) und /oder simulierte Feldversuche.

Nach Prüfung in Stufe 3 kann eine PSA

- a) annehmbar sein
- b) Ohne Änderungen und Wiederhol-Prüfungen nicht annehmbar sein

Kriterien für die Annahme müssen in Produktnormen festgelegt sein zur Bewertung der thermischen ergonomischen Leistungsfähigkeit der PSA bei Verwendung mit Menschen.

5 Empfohlene Prüfverfahren

5.1 Materialprüfungen

5.1.1 Wasserdampfbeständigkeit und Beständigkeit gegen Eindringen von Wasser

Die Prüfung wird entsprechend EN 31092, ENV 343 und EN 20811 durchgeführt.

5.1.2 Thermische Isolierung (Widerstand)

Die Prüfung wird entsprechend EN ISO 6942 und EN 31092 durchgeführt.

5.1.3 Luftdurchlässigkeit

Die Prüfung wird entsprechend EN ISO 9237 und ENV 342 durchgeführt.

5.2 Prüfungen von Prototypen von PSA

Das Modellieren steht für die Bewertung von PSA unter Berücksichtigung unterschiedlicher Kenngrößen zur Verfügung und stellt, verglichen mit Prüfungen an Messpuppen und Probandenprüfungen, ein kostengünstiges Bewertungswerkzeug dar.

5.2.1 Prüfungen mit Messpuppen

Wasserdampfbeständigkeit

Für Vergleichszwecke darf die Wasserdampfbeständigkeit von Kleidung auf der Grundlage ihres Isolierwertes nach ISO 7933 und ENV ISO 11079 berechnet oder an einer schwitzenden Messpuppe gemessen werden.

Thermische Isolierung (thermischer Widerstand)

Die Prüfung wird entsprechend ENV 342 für Ganzkörperschutzkleidung oder sinngemäß nach dem gleichen Verfahren für andere PSA (Stiefel, Handschuhe, Helme usw.) durchgeführt. Handschuhe werden nach EN 511 geprüft.

Belüftung

Die Prüfung wird entsprechend ENV 342 für Ganzkörperschutz durchgeführt. Geprüft wird das Ensemble zuerst mit vollständig verschlossenen Öffnungen unter statischen und windstillen Bedingungen und anschließend unter üblichen Bedingungen mit einer laufenden Messpuppe. Die gemessene Verringerung der Isolierung ist ein Maß der Belüftung. Prüfungen nach dem gleichen Verfahren können für andere PSA (Stiefel, Handschuhe, Helme usw.) durchgeführt werden.

Die Herstellerangaben müssen Einzelheiten darüber enthalten, welcher Typ der üblichen Arbeitskleidung während der Prüfung getragen wurde. Die Prüfergebnisse brauchen NICHT für andere Kombinationen der üblichen Arbeitskleidung gelten.

5.2.2 Modellieren

Die thermische Wärmespannung darf mit Hilfe mathematischer Modellverfahren in ISO 7933, EN 27243 und ENV ISO 11079 auf der Grundlage der Prüfergebnisse der thermischen Eigenschaften von Kleidung in 5.2.1 abgeschätzt werden.

Die thermische Bequemlichkeit wird durch subjektive Schätzungen (EN ISO 10551, Anhang C) bewertet. Erforderliche Korrekturfaktoren für WBGT-Werte nach EN 27243 müssen, sofern gefordert, erstellt werden.

5.2.3 Probandenprüfungen

Einzelheiten zur Messung physiologischer und subjektiver Reaktionen sind in EN ISO 9886 und EN ISO 10551 enthalten. Das Prüfen nach EN ISO 9886 erfordert die Zustimmung einer Ethikkommission und kann nur von Experten durchgeführt werden.

Weitere Anforderungen an Prüfungen von PSA am Menschen sind in Anhang A dieser Norm sowie in EN 13921-1, Anhang A enthalten.

6 Informationen des Herstellers

Erarbeiter von Produktnormen sollten die Einbeziehung von Informationen bezüglich möglicher Anwendungsbeschränkungen der PSA bei den thermischen Eigenschaften fordern. Entsprechende Angaben könnten folgendes enthalten: die thermischen Eigenschaften der PSA; das Umgebungsklima für die Anwendung des Klimabereichs für den kontinuierlichen Einsatz; den thermischen Wohlfühlbereich, maximal erträgliche Belastungsdauer bei Bedingungen außerhalb des Wohlfühlbereichs; verschiedene Stufen körperlicher Anstrengung und Korrekturfaktoren für WBGT-Werte (EN 27243). Einzelheiten zu Benutzungsbeschränkungen und geeigneten Kombinationen mit anderen PSA sollten ebenfalls in der Begleitliteratur angegeben werden.

Anhang A (informativ)

A.1 Einleitung

Dieser Anhang gibt eine Anleitung zur Durchführung von Probandenversuchen zu thermischen Auswirkungen von PSA. Er sollte in Verbindung mit prEN 13921-1, Anhang A gelesen werden.

Probandenversuche mit PSA sind für die technische Beurteilung der Wirksamkeit des Systems und der möglichen nachteiligen Auswirkungen auf den Anwender von wesentlicher Bedeutung. Alle in Produktnormen festgelegten Prüfungen sollten unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden.

Probandenversuche dürfen nur von speziell ausgebildetem Personal in Labors durchgeführt werden, die hierfür die erforderlichen Voraussetzungen erfüllen. Probandenversuche bedürfen stets der Genehmigung durch eine spezielle Ethikkommission. Probandenversuche erfordern medizinische Überwachung. Eine Anleitung zur medizinischen Überwachung ist in ISO 12894 angegeben.

Helsinki Deklaration.

Zweck der Prüfungen ist es, objektive und subjektive Messungen der menschlichen Reaktionen bei Verwendung von PSA durchzuführen unter Bedingungen, bei denen so weit wie möglich Einflussfaktoren, die die Messungen beeinflussen könnten, kontrolliert werden.

Prüfungen werden durchgeführt

- um die zusätzlichen thermischen Effekte von PSA unter üblichen Tragebedingungen (meist thermisch neutrale Bedingungen) zu bewerten; oder
- um die zusätzlichen Effekte von PSA in Kombination mit Arbeitskleidung bei vorhergesagten extremen Temperaturen (kalte oder warme Bedingungen) zu bewerten.

Prüfverfahren in PSA Produktnormen sollten so gestaltet sein, dass sichergestellt ist, dass die festgelegten Grenzwerte für allgemeines und lokales thermisches Wohlbefinden und für thermische Belastung nicht überschritten werden, wenn die voraussichtliche Aktivität über eine übliche Zeitdauer ausgeführt wird.

A.2 Arbeitsaufgabe

Die körperliche Tätigkeit der Probanden sollte der des Anwenders so genau wie möglich entsprechen.

Wenn eine genaue Simulation nicht möglich ist, sollten die Körperbewegungen des Anwenders und der Gesamtumfang des Stoffwechselenergieverbrauchs denen des Anwenders so genau wie möglich entsprechen.

A.3 Probanden

Die Probanden sollten aus der Anwendergruppe gewählt werden (siehe EN 13921-1, Anhang1).

Falls es nicht möglich ist, für die Anwendergruppe repräsentative Probanden zu finden, sollten die ausgewählten Probanden im Hinblick auf die im folgenden aufgeführten wichtigsten individuellen Grundmerkmale so genau wie möglich der Anwendergruppe entsprechen:

- Alter;
- Größe;

- Körpermasse;
- Geschlecht;
- Anteil des Körperfetts;
- körperliche Leistungsfähigkeit;
- Fertigkeiten bei der simulierten Arbeitsaufgabe.

Die erforderliche Anzahl der Probanden sollte statistisch ermittelt werden, wobei unterschiedliche Reaktionen der verschiedenen Probanden und der einzelnen Individuen ebenso zu berücksichtigen sind wie das Ausmaß der Auswirkungen der PSA auf den Anwender.

A.4 Sicherheit der Probanden

Während der gesamten Prüfung sollten Gesundheit und Wohlbefinden der Probanden von vorrangiger Bedeutung sein.

Alle Probanden sollten sich freiwillig zur Teilnahme an der Untersuchung bereit erklärt haben, nachdem sie über mögliche Risiken aufgeklärt worden sind.

Eine medizinische Untersuchung der Probanden gemäß den Anforderungen von ISO/DIS 12894 sollte gewährleistet sein.

Jegliche Probandenversuche müssen grundsätzlich durch die örtliche Ethikkommission überwacht werden.

A.5 Messungen

Die Auswirkungen der PSA auf die Probanden können unter Anwendung objektiver und subjektiver Messverfahren ermittelt werden.

Objektive Messungen umfassen:

- die Kerntemperatur unter Anwendung eines für die Prüfung geeigneten Verfahrens (EN ISO 9886);
- lokale Hauttemperaturen an für die Prüfung relevanten Stellen (mindestens vier Stellen bei heißen Temperaturen, d. h. $T_a > 20\text{ °C}$, oder acht Stellen bei kälteren Temperaturen, d. h. $T_a < 20\text{ °C}$, ausgesetzt sind), wobei mindestens vier Stellen zur Bestimmung der mittleren Hauttemperatur (EN ISO 9886) zu berücksichtigen sind;
- die Herzfrequenz (EN ISO 9886);
- den Stoffwechsel (Sauerstoffverbrauch) (EN 28996);
- den gesamten Schweißverlust des Körpers während der Versuchsdauer und gegebenenfalls in einzelnen Zeitabständen während des Versuchs. Der Schweißverlust wird aus der Differenz des Körpergewichts im bekleideten vs. unbedeckten Zustand zu Beginn und Ende des Versuchs unter Berücksichtigung eventuell eingenommener Nahrungsmittel bzw. Getränke oder eventueller Ausscheidungen des Körpers (Urin, Stuhl, Erbrochenes) berechnet (EN ISO 9886).

Diese variablen Größen müssen so häufig gemessen werden, dass die wissenschaftliche Validität der Versuche unter Wahrung von Gesundheit und Sicherheit der Probanden gewährleistet ist.

Subjektive Messungen umfassen:

- allgemeines thermisches Wohlbefinden und Wärmeempfinden (ISO 10551);
- lokales thermisches Wohlbefinden und Wärmeempfinden (ISO 10551);

- die Durchführung der Arbeitsaufgaben sollte anhand von geeigneten Verfahren untersucht werden, wie z. B.
- Zeitnahme bei der Durchführung der Arbeitsaufgaben oder von Teilen dieser Arbeitsaufgaben;
- Ermitteln der Genauigkeit bei der Arbeitsausführung.

Alle subjektiven Messungen sollten unter Verwendung von validierten, für die Anwendergruppe und die Art des Versuchs geeigneten Verfahren vorgenommen werden.

Im Prüfbericht sollten alle verfügbaren Informationen über die Arbeitskleidung und die PSA enthalten sein.

Zusätzliche Überwachung mit Hilfe anderer Verfahren, z. B. der Analyse von Videoaufzeichnungen oder biomedizinischen Analyse, ist empfehlenswert.

Anhang ZA (informativ)

Abschnitte dieser Europäischen Norm, die wesentliche Anforderungen oder andere Vorgaben von EU-Richtlinien betreffen

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erarbeitet, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 89/686/EWG.

WARNHINWEIS: Für ein Produkt bzw. Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EU-Richtlinien anwendbar sein.

Die Übereinstimmung mit den Abschnitten dieser Norm ist eine der Möglichkeiten, die relevanten grundlegenden Anforderungen der betreffenden Richtlinie und der zugehörigen EFTA-Vorschriften zu erfüllen.

Grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 89/686/EWG, Anhang II		In folgenden Abschnitten der vorliegenden Europäischen Norm behandelt
1.1	Grundsätze der Gestaltung/Ergonomie	4.1
1.3	Bequemlichkeit und Effizienz	4.2.4, 5.2.3
1.3.2	Leichtigkeit und Festigkeit der Konstruktion	
1.4	Informationen des Herstellers	6
2.2	PSA, die die zu schützenden Körperteile „umhüllen“	4.2.2, 4.2.3, 4.2.4
1.7	Kälteschutz	4.2, 5.1, 5.2, 5.3
1.7.1	Ausgangswerkstoffe und andere Bestandteile der PSA	
1.7.2	Gebrauchsfertige vollständige PSA	

Bibliographie

- [1] Helsinki Declaration, 1976, Medical Journal of Australia (7(1) 206 207).
- [2] ZH 1/700 Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung.
- [3] BS 7915:1998, Ergonomics of the thermal environment. Guide to design and evaluation of working practices for cold indoor environments
- [4] Malchaire J, Piette A, Kampmann B, Mehnert P, Gebhardt H, Havenith G, Den Hartog E, Holmer I, Parsons K, Alfano G, Griefahn B. Development and validation of the predicted heat strain model. Ann Occup Hyg 2001 Mar;45(2):123-35