

DIN EN ISO 7933



ICS 13.040.20; 13.180

Ersatz für
DIN EN 12515:1997-11

**Ergonomie der thermischen Umgebung –
Analytische Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung durch
Berechnung der vorhergesagten Wärmebeanspruchung
(ISO 7933:2004);
Deutsche Fassung EN ISO 7933:2004**

Ergonomics of the thermal environment –
Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted
heat strain (ISO 7933:2004);
German version EN ISO 7933:2004

Ergonomie des ambiances thermiques –
Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul
de l'astreinte thermique prévisible (ISO 7933:2004);
Version allemande EN ISO 7933:2004

Gesamtumfang 40 Seiten

Normenausschuss Ergonomie (FNErg) im DIN

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm fällt in den Zuständigkeitsbereich des Technischen Komitees CEN/TC 122 „Ergonomie“ (Sekretariat: Deutschland). Die ihr zugrunde liegende Internationale Norm ISO 7933 wurde vom Unterkomitee SC 5 „Ergonomics of the physical environment“ (Sekretariat: Vereinigtes Königreich) des Technischen Komitees ISO/TC 159 „Ergonomics“ (Sekretariat: Deutschland) ausgearbeitet.

Auf Grund der Ergebnisse des parallelen Abstimmungsverfahrens wurde ISO 7933 als Europäische Norm EN ISO 7933 übernommen.

Die Mitarbeit des DIN in der zuständigen Arbeitsgruppe des Technischen Komitees CEN/TC 122 „Ergonomie“ (Sekretariat: Deutschland) wird über den Arbeitsausschuss FNerg AA 7 „Klima“ des Normenausschusses Ergonomie (FNerg) wahrgenommen.

Nationale Regelungen zur medizinischen Überwachung von Personen, die warmen Umgebungsbedingungen ausgesetzt sind, stehen möglicherweise im Widerspruch zu ISO 12894 (siehe Hinweis in der Einleitung) und müssen vorrangig beachtet werden.

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

ISO 7243	siehe DIN EN 27243
ISO 7726	siehe DIN EN ISO 7726
ISO 8996 ¹⁾	siehe E DIN EN ISO 8996
ISO 9886	siehe DIN EN ISO 9886
ISO 9920	siehe DIN EN ISO 9920

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12515:1997-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normtitel geändert;
- b) Berechnungsmodell optimiert;
- c) Grenzkriterien neuen Erkenntnissen angepasst;
- d) Normtext grundlegend überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12515: 1997-11

1) zurzeit Entwurf.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 27243, *Warmes Umgebungsklima — Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index (wet bulb globe temperature)* (ISO 7243:1989); Deutsche Fassung EN 27243:1993.

DIN EN ISO 7726, *Umgebungsklima — Instrumente zur Messung physikalischer Größen* (ISO 7726:1998); Deutsche Fassung EN ISO 7726:2001.

E DIN EN ISO 8996, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes* (ISO/DIS 8996:2003); Deutsche Fassung prEN ISO 8996:2003.

DIN EN ISO 9886, *Ergonomie — Ermittlung der thermischen Beanspruchung durch physiologische Messungen* (ISO 9886:2004); Deutsche Fassung EN ISO 9886:2004.

DIN EN ISO 9920, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Abschätzung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination* (ISO 9920:1995); Deutsche Fassung EN ISO 9920:2003.

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Ergonomie der thermischen Umgebung
Analytische Bestimmung und Interpretation der
Wärmebelastung durch Berechnung der vorhergesagten
Wärmebeanspruchung
(ISO 7933:2004)**

Ergonomics of the thermal environment —
Analytical determination and interpretation of heat stress
using calculation of the predicted heat strain
(ISO 7933:2004)

Ergonomie des ambiances thermiques —
Détermination analytique et interprétation de la contrainte
thermique fondées sur le calcul de l'astreinte thermique prévisible
(ISO 7933:2004)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. August 2004 angenommen.

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

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

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



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Symbole	5
4 Grundlagen des Ermittlungsverfahrens	9
5 Hauptschritte der Berechnung	9
5.1 Allgemeine Wärmebilanzgleichung	9
5.2 Berechnung des erforderlicher Wärmeflusses durch Verdunstung, des erforderlichen Hautbenetzungsgrades und der erforderlichen Schweißrate	11
6 Bewertung der erforderlichen Schweißrate	12
6.1 Grundlage des Bewertungsverfahrens	12
6.2 Analyse der Arbeitssituation	12
6.3 Bestimmung der maximal zulässigen Expositionsdauer (D_{lim})	13
6.4 Organisation der Hitzearbeit	13
Anhang A (normativ) Erforderliche Daten für die Berechnung der Wärmebilanz	14
Anhang B (informativ) Kriterien für die Bestimmung der zulässigen Expositionsdauer in einem warmen Arbeitsklima	22
Anhang C (informativ) Energieumsatz	24
Anhang D (informativ) Thermische Bekleidungseigenschaften	26
Anhang E (informativ) Computerprogramm zur Berechnung des Modells der vorhergesagten Wärmebeanspruchung	28
Anhang F (normativ) Beispiele für die Berechnung des vorhergesagten Wärmebeanspruchungsmodells	35
Literaturhinweise	36

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 7933:2004) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomie“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2005 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt EN 12515:1997.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 7933:2004 wurde vom CEN als EN ISO 7933:2004 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

In weiteren Internationalen Normen dieser Reihe wird beschrieben, wie die Parameter, die die Wärmeregulation des menschlichen Körpers beeinflussen, in einer bestimmten Umgebung abgeschätzt oder quantitativ bestimmt werden müssen. In anderen Normen ist festgelegt, wie diese Parameter integriert werden müssen, um den Belastungsgrad oder das Gesundheitsrisiko dieser Umgebungen bestimmen zu können. Das vorliegende Dokument wurde erarbeitet, um die Verfahren zu normen, die Fachleute auf dem Gebiet der Berufsgesundheit anwenden sollten, um ein bestimmtes Problem anzugehen und stufenweise die Informationen zu sammeln, die erforderlich sind, um das Problem zu begrenzen oder zu vermeiden.

Das Berechnungs- und Bewertungsverfahren der Wärmebilanz beruht auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen. Zukünftige Verbesserungen im Hinblick auf die Berechnung der einzelnen Komponenten der Wärmebilanzgleichung oder deren Bewertung werden berücksichtigt, sobald diese verfügbar sind. In der gegenwärtigen Form lässt sich dieses Bewertungsverfahren nicht auf Fälle anwenden, bei denen besondere Schutzkleidung getragen wird (reflektierende Kleidung, Kleidung mit Aktivkühlung und Belüftung, undurchlässige Kleidung, Kleidung mit persönlicher Schutzausrüstung).

Weiterhin sind Fachleute auf dem Gebiet der Berufsgesundheit dafür verantwortlich, unter Berücksichtigung der besonderen Merkmale, die von denen einer „Normalperson“ abweichen können, das Risiko zu bewerten, dem eine bestimmte Person ausgesetzt ist. In ISO 9886 wird beschrieben, wie physiologische Parameter angewendet werden müssen, um das physiologische Verhalten einer bestimmten Person zu beobachten; in ISO 12894 wird beschrieben, wie eine medizinische Überwachung organisiert sein muss.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt ein Verfahren zur analytischen Bestimmung und Interpretation der Wärmebelastung fest, der eine Person in einer warmen Umgebung ausgesetzt ist. Beschrieben wird ein Verfahren zur Bestimmung der Schweißrate und der inneren Körperkerntemperatur, die der menschliche Körper als Reaktion auf die Arbeitsbedingungen entwickelt.

Die verschiedenen Bedingungen, die in diesem Vorhersagemodell und besonders bei der Wärmebilanz verwendet werden, zeigen den Einfluss der unterschiedlichen physikalischen Parameter der Umgebung auf die Wärmebelastung der Person. Auf diese Weise ermöglicht es diese Internationale Norm zu bestimmen, welche Parameter oder welche Gruppen von Parametern zu verändern sind und in welchem Ausmaß das erfolgen sollte, um das Risiko einer physiologischen Überbeanspruchung zu reduzieren.

Die Hauptziele dieser Internationalen Norm sind:

- a) die Bewertung der Wärmebelastung in Situationen, die zu einer übermäßigen Erhöhung der Körperkerntemperatur oder zu übermäßigem Wasserverlust einer „Normalperson“ führen können;
- b) die Bestimmung der Expositionszeiten, bei denen die physiologische Beanspruchung annehmbar ist (d. h. keine körperlichen Schäden zu erwarten sind). Im Rahmen dieses Vorhersagemodells werden diese Expositionszeiten als „maximal zulässige Expositionszeiten“ bezeichnet.

Diese Internationale Norm ist nicht in der Lage, die physiologische Reaktion einzelner Personen vorherzusagen, sondern berücksichtigt nur „Normalpersonen“, die sich in einem guten gesundheitlichen Zustand befinden und in der Lage sind, ihre Arbeit durchzuführen. Diese Internationale Norm ist daher für die Anwendung durch Personen bestimmt, die im Bereich der Ergonomie, der Arbeitshygiene usw. ausgebildet sind, damit diese die Arbeitsbedingungen bewerten können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokumentes erforderlich. 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 7726, *Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities*.

ISO 8996, *Ergonomics of the thermal environment — Determination of metabolic rate*.

ISO 9886, *Ergonomics — Evaluation of thermal strain by physiological measurements*.

ISO 9920, *Ergonomics of the thermal environment — Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble*.

3 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments stimmen die Symbole und Abkürzungen, nachfolgend als „Symbole“ mit deren Einheiten bezeichnet, mit ISO 7726 überein.

Für die Darstellung des Indexes der vorhergesagten Wärmebeanspruchung werden jedoch zusätzliche Symbole verwendet.

Tabelle 1 enthält eine vollständige Liste der Symbole.

Tabelle 1 — Symbole und Einheiten

Symbol	Bezeichnung	Einheit
—	Code = 1 bei Eingabe der Schrittgeschwindigkeit, sonst 0	—
—	Code = 1 bei Eingabe der Laufrichtung, sonst 0	—
α	Anteil der Körpermasse bei Hauttemperatur	dimensionslos
α_i	Wichtung von Hauttemperatur - Körperkerntemperatur zum Zeitpunkt t_i	dimensionslos
α_{i-1}	Wichtung von Hauttemperatur - Körperkerntemperatur zum Zeitpunkt t_{i-1}	dimensionslos
ε	Emissionskoeffizient	dimensionslos
θ	Winkel zwischen Lauf- und Windrichtung	Grad
A_{Du}	Körperoberfläche nach DuBois	Quadratmeter
A_p	Anteil der Körperoberfläche, der mit der reflektierenden Kleidung bedeckt ist	dimensionslos
A_r	wirksame Strahlungsfläche eines Körpers	dimensionslos
C	konvektiver Wärmefluss (konvektive Wärmeübertragung)	Watt je Quadratmeter
c_e	latente Verdampfungswärme von Wasser	Joule je Kilogramm
$C_{orr,cl}$	Korrekturwert für die dynamische Gesamttrockenwärmeisolation bei oder über 0,6 clo	dimensionslos
$C_{orr,la}$	Korrekturwert für die dynamische Gesamttrockenwärmeisolation bei 0 clo	dimensionslos
$C_{orr,tot}$	Korrekturwert für die dynamische Bekleidungsisolation in Abhängigkeit von der tatsächlichen Bekleidung	dimensionslos
$C_{orr,E}$	Korrekturwert für den dynamischen Permeabilitätsindex	dimensionslos
c_p	spezifische Wärme von trockener Luft bei konstantem Druck	Joule je Kilogramm trockener Luft Kelvin
C_{res}	konvektiver Wärmefluss bei der Atmung	Watt je Quadratmeter
c_{sp}	spezifische Körperwärme	Watt je Quadratmeter je Kelvin
D_{lim}	maximal zulässige Expositionsdauer	Minuten
$D_{lim tre}$	maximal zulässige Expositionsdauer für die Wärmespeicherung	Minuten
$D_{limloss50}$	maximal zulässige Expositionsdauer für den Wasserverlust, Durchschnittsperson	Minuten
$D_{limloss95}$	maximal zulässige Expositionsdauer für den Wasserverlust, 95 % der arbeitenden Bevölkerung	Minuten
D_{max}	maximaler Wasserverlust	Gramm
D_{max50}	maximaler Wasserverlust zum Schutz einer Durchschnittsperson	Gramm
D_{max95}	maximaler Wasserverlust zum Schutz von 95 % der arbeitenden Bevölkerung	Gramm
DRINK	1, falls Arbeiter ungehindert trinken können, sonst 0	dimensionslos
dS_i	Wärmespeicherungsrate des Körpers während des letzten Zeitabschnitts	Watt je Quadratmeter
dS_{eq}	Wärmespeicherungsrate zur Erhöhung der Körperkerntemperatur in Verbindung mit dem Energieumsatz	Watt je Quadratmeter
E	Wärmefluss (Wärmeverlust) durch Verdunstung an der Hautoberfläche	Watt je Quadratmeter

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Bezeichnung	Einheit
$E_{\max}$	maximaler Wärmefluss durch Verdunstung an der Hautoberfläche	Watt je Quadratmeter
E_p	vorhergesagter Wärmefluss durch Verdunstung	Watt je Quadratmeter
E_{req}	erforderlicher Wärmefluss durch Verdunstung	Watt je Quadratmeter
E_{res}	Wärmefluss durch Verdunstung bei der Atmung	Watt je Quadratmeter
f_{cl}	Bekleidungsflächenfaktor	dimensionslos
$F_{\text{cl,R}}$	Reduktionsfaktor für den Wärmeaustausch durch Strahlung auf Grund des Tragens von Bekleidung	dimensionslos
F_r	Emissionskoeffizient reflektierender Kleidung (Reflexionskoeffizient)	dimensionslos
H_b	Körpergröße	Meter
h_{cdyn}	Koeffizient für den dynamischen konvektiven Wärmeübergang	Watt je Quadratmeter Kelvin
h_r	Wärmeaustauschkoeffizient durch Strahlung (Strahlungswärmeübergangskoeffizient)	Watt je Quadratmeter Kelvin
$I_{\text{a st}}$	thermische Isolation der statischen Grenzschicht	Quadratmeter Kelvin je Watt
$I_{\text{cl st}}$	statische Bekleidungsisolation	Quadratmeter Kelvin je Watt
I_{cl}	Bekleidungsisolation, (Wärmeisolierung durch die Kleidung)	clo
$I_{\text{tot st}}$	Gesamtwert der statischen Bekleidungsisolation	Quadratmeter Kelvin je Watt
$I_{\text{a dyn}}$	thermische Isolation der dynamischen Grenzschicht	Quadratmeter Kelvin je Watt
$I_{\text{cl dyn}}$	dynamische Bekleidungsisolation	Quadratmeter Kelvin je Watt
$I_{\text{tot dyn}}$	Gesamtwert der dynamischen Bekleidungsisolation	Quadratmeter Kelvin je Watt
i_{mst}	Permeabilitätsindex der statischen Feuchtigkeit	dimensionslos
i_{mdyn}	Permeabilitätsindex der dynamischen Feuchtigkeit	dimensionslos
incr	Zeitspanne vom Zeitpunkt t_{i-1} bis t_i	Minuten
K_{Sw}	Anteil K der vorhergesagten Schweißrate	dimensionslos
K	konduktiver Wärmefluss (Wärmeübertragung durch Wärmeleitung)	Watt je Quadratmeter
M	Energieumsatz (körpereigene Energieerzeugung)	Watt je Quadratmeter
p_a	Wasserdampfpartialdruck	Kilopascal
$p_{\text{sk,s}}$	Wasserdampfsättigungsdruck bei Hauttemperatur	Kilopascal
R	Strahlungswärmefluss (Wärmeübertragung durch Strahlung)	Watt je Quadratmeter
r_{req}	erforderliche Effektivität der Schweißverdunstung	dimensionslos
R_{tdyn}	gesamter dynamischer Verdunstungswiderstand der Kleidung und Luftgrenzschicht	Quadratmeter Kilopascal je Watt
S	Wärmespeicherung(srate) des Körpers	Watt je Quadratmeter
S_{eq}	Wärmespeicherung des Körpers zur Erhöhung der Körperkerntemperatur in Verbindung mit dem Energieumsatz	Watt je Quadratmeter
$Sw_{\max}$	maximale Schweißrate	Watt je Quadratmeter

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Bezeichnung	Einheit
Sw_p	vorhergesagte Schweißrate	Watt je Quadratmeter
$Sw_{p,i}$	vorhergesagte Schweißrate zum Zeitpunkt t_i	Watt je Quadratmeter
$Sw_{p,i-1}$	vorhergesagte Schweißrate zum Zeitpunkt t_{i-1}	Watt je Quadratmeter
Sw_{req}	erforderliche Schweißrate	Watt je Quadratmeter
t	Zeit	Minuten
t_a	Lufttemperatur	Grad Celsius
t_{cl}	Oberflächentemperatur der Bekleidung	Grad Celsius
t_{cr}	Körperkerntemperatur	Grad Celsius
$t_{cr,eqm}$	Wert der Körperkerntemperatur im stabilen Zustand in Abhängigkeit vom Energieumsatz	Grad Celsius
$t_{cr,eq}$	Körperkerntemperatur in Abhängigkeit vom Energieumsatz	Grad Celsius
$t_{cr,eq i}$	Körperkerntemperatur in Abhängigkeit vom Energieumsatz zum Zeitpunkt t_i	Grad Celsius
$t_{cr,eq i-1}$	Körperkerntemperatur in Abhängigkeit des Energieumsatzes zum Zeitpunkt t_{i-1}	Grad Celsius
$t_{cr,i}$	Körperkerntemperatur zum Zeitpunkt t_i	Grad Celsius
$t_{cr,i-1}$	Körperkerntemperatur zum Zeitpunkt t_{i-1}	Grad Celsius
t_{ex}	Temperatur der ausgeatmeten Luft	Grad Celsius
$\bar{t}_r$	mittlere Strahlungstemperatur	Grad Celsius
t_{re}	rektale Temperatur	Grad Celsius
$t_{re, max}$	maximal zulässige rektale Temperatur	Grad Celsius
$t_{re,i}$	rektale Temperatur zum Zeitpunkt t_i	Grad Celsius
$t_{re,i-1}$	rektale Temperatur zum Zeitpunkt t_{i-1}	Grad Celsius
$\bar{t}_{sk,eq}$	mittlere Hauttemperatur im stabilen Zustand	Grad Celsius
$\bar{t}_{sk,eq nu}$	mittlere Hauttemperatur im stabilen Zustand bei unbedeckten Personen	Grad Celsius
$\bar{t}_{sk,eq cl}$	mittlere Hauttemperatur im stabilen Zustand bei bedeckten Personen	Grad Celsius
$\bar{t}_{sk,i}$	mittlere Hauttemperatur zum Zeitpunkt t_i	Grad Celsius
$\bar{t}_{sk,i-1}$	mittlere Hauttemperatur zum Zeitpunkt t_{i-1}	Grad Celsius
$\dot{V}$	Atmungs-Luftwechselrate	Liter je Minute
v_a	Luftgeschwindigkeit	Meter je Sekunde
v_{ar}	relative Luftgeschwindigkeit	Meter je Sekunde
v_w	Schrittgeschwindigkeit	Meter je Sekunde
w	Hautbenutzungsgrad	dimensionslos
W	wirksame mechanische Leistung	Watt je Quadratmeter
W_a	Feuchtegehalt	Kilogramm Wasser je Kilogramm trockene Luft