

DIN EN ISO 8996



ICS 13.180

Ersatz für
DIN EN 28996:1993-12**Ergonomie der thermischen Umgebung –
Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes (ISO 8996:2004);
Deutsche Fassung EN ISO 8996:2004**

Ergonomics of the thermal environment –
Determination of metabolic rate (ISO 8996:2004);
German version EN ISO 8996:2004

Ergonomie de l'environnement thermique –
Détermination du métabolisme énergétique (ISO 8996:2004);
Version allemande EN ISO 8996:2004

Gesamtumfang 31 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 8996 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 8996 als Europäische Norm EN ISO 8996 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.

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

ISO 9886	siehe DIN EN ISO 9886
ISO 15265 ¹⁾	siehe E DIN EN ISO 15265

Änderungen

Gegenüber DIN EN 28996:1993-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normtitel geändert;
- b) Aufteilung der Stufen für die Ermittlung des (körpereigenen) Energieumsatzes neu vorgenommen;
- c) Aufnahme zweier zusätzlicher Verfahren (doppelt markiertes Wasserverfahren und direkte Kalorimetrie);
- d) Normaufbau grundlegend überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 28996: 1993-12

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

E DIN EN ISO 15265, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Strategie zur Risikobeurteilung zur Abwendung von Stress oder Unbehagen unter Wärmearbeitsbedingungen (ISO/DIS 15265:2002); Deutsche Fassung prEN ISO 15265:2002.*

1) Zurzeit Entwurf.

Deutsche Fassung

Ergonomie der thermischen Umgebung —
Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes
(ISO 8996:2004)

Ergonomics of the thermal environment — Determination
of metabolic rate (ISO 8996:2004)

Ergonomie de l'environnement thermique — Détermination
du métabolisme énergétique (ISO 8996:2004)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 26. August 2003 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

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 8996:2004) 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 April 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2005 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt EN 28996:1993.

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 8996:2004 wurde vom CEN als EN ISO 8996:2004 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen.....	4
3 Kurzbeschreibung und Genauigkeit	4
4 Stufe 1, Screening.....	6
4.1 Tabelle zur Abschätzung des Energieumsatzes nach Berufen	6
4.2 Klassifikation des Energieumsatzes nach Tätigkeitsarten	7
5 Stufe 2, Beobachtung	7
5.1 Abschätzung des Energieumsatzes nach aufgabenbezogenen Anforderungen.....	7
5.2 Energieumsatz bei typischen Tätigkeiten	7
5.3 Energieumsatz für einen Arbeitszyklus.....	7
5.4 Einfluss der Dauer von Ruhepausen und Arbeitsperioden.....	8
5.5 Erhalten von Werten durch Interpolation	9
5.6 Anforderungen an die Anwendung von Energieumsatz-Tabellen.....	9
6 Stufe 3, Analyse	10
6.1 Abschätzung des Energieumsatzes mit Hilfe der Herzfrequenz	10
6.2 Beziehung zwischen Herzfrequenz und Energieumsatz	11
7 Stufe 4, Expertise	12
7.1 Bestimmung des Energieumsatzes durch Messung der Sauerstoffverbrauchsrate.....	12
7.2 Doppelt markiertes Wasserverfahren für Langzeitmessungen	18
7.3 Direkte Kalorimetrie — Prinzip	19
Anhang A (informativ) Einschätzung des Energieumsatzes auf Stufe 1, Screening	20
Anhang B (informativ) Einschätzung des Energieumsatzes auf Stufe 2, Beobachtung.....	22
Anhang C (informativ) Einschätzung des Energieumsatzes auf Stufe 3, Analyse.....	25
Anhang D (informativ) Einschätzung des Energieumsatzes auf Stufe 4, Expertise — Beispiele für die Berechnung des Energieumsatzes auf Grund gemessener Daten	26

1 Anwendungsbereich

Der (körpereigene) Energieumsatz bzw. die körpereigene Energieerzeugung, als Umwandlung von chemischer in mechanische und thermische Energie, ist ein Maß für den Energieaufwand der Muskelarbeit und ermöglicht es, Tätigkeiten eine numerische Kennziffer zuzuordnen. Der Energieumsatz ist eine wichtige Größe bei der Bestimmung des Wohlbefindens oder der Belastung, die sich durch ein warmes Umgebungsklima ergeben können. Besonders in einem sehr warmen Umgebungsklima wird die Wärmebelastung durch das bei der Muskelarbeit auftretende hohe Maß an körpereigener Wärmeerzeugung erhöht, da große Mengen an Wärme hauptsächlich durch das Verdunsten von Schweiß abgegeben werden müssen.

Diese Internationale Norm legt unterschiedliche Verfahren die Bestimmung des Energieumsatzes im Bereich der Ergonomie der klimatischen Arbeitsumgebung fest. Die Internationale Norm kann auch für andere Anwendungsgebiete, zum Beispiel für die Bewertung von Arbeitsverfahren, des Energieaufwands für spezielle Aufgaben oder Sportaktivitäten sowie des Gesamtenergieaufwands einer Tätigkeit usw., angewendet werden.

Die in dieser Internationalen Norm enthaltenen Abschätzungen, Tabellen und anderen Daten beziehen sich auf eine „Durchschnittsperson“:

- einen 30-jährigen Mann mit einem Gewicht von 70 kg und 1,75 m Körpergröße (Körperoberfläche: 1,8 m²);
- eine 30-jährige Frau mit einem Gewicht von 60 kg und 1,70 m Körpergröße (Körperoberfläche: 1,6 m²).

Die Anwender sollten in Bezug auf besondere Gruppen, Kinder, ältere Personen, Personen mit Körperbehinderungen usw. einbegriffen, entsprechende Korrekturen vornehmen.

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

ISO 15265, *Ergonomics of the thermal environment — Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions*

3 Kurzbeschreibung und Genauigkeit

Die wirksame mechanische Leistung der Muskelarbeit — auch „nutzbare Arbeit“ W genannt — ist gering. Bei den meisten Arbeitstätigkeiten ist diese sogar so gering (wenige Prozent), dass sie gleich null gesetzt wird. Das bedeutet, dass der gesamte Energieverbrauch bei der Arbeit mit der Wärmeerzeugung gleichgesetzt werden kann. Für die Anwendung dieser Internationalen Norm wird der Energieumsatz (die körpereigene Energieerzeugung) mit der Wärmeerzeugung gleichgesetzt.

In Tabelle 1 sind die unterschiedlichen in dieser Internationalen Norm dargestellten Ansätze zur Bestimmung des Energieumsatzes aufgeführt.

Diese Ansätze sind nach der in ISO 15265 dargelegten Expositionsbewertung aufgebaut. Es werden vier Stufen berücksichtigt:

Stufe 1 — Screening: Es werden zwei einfache und leicht anwendbare Verfahren zur schnellen Einschätzung der durchschnittlichen Arbeitsbelastung für einen bestimmten Beruf oder eine bestimmte Tätigkeit angegeben.

- Verfahren 1A klassifiziert nach Berufen;
- Verfahren 1B klassifiziert nach Tätigkeitsarten.

Beide Verfahren liefern nur eine grobe Abschätzung und weisen einen beträchtlichen Fehlerumfang auf. Hierdurch wird deren Genauigkeit beträchtlich eingeschränkt. Auf dieser Stufe ist eine Arbeitsplatzinspektion nicht erforderlich.

Stufe 2 — Beobachtung: Es werden zwei Verfahren für Personen vorgestellt, die über genaue Kenntnisse der Arbeitsbedingungen verfügen, jedoch nicht notwendigerweise ergonomisch geschult sind, um die Arbeitssituation zu einem bestimmten Zeitpunkt im Mittel einzuschätzen:

- bei Verfahren 2A wird der Energieumsatz bestimmt, indem der Energieumsatz für die Körperhaltung, für den Arbeitstyp und für die auf die Arbeitsgeschwindigkeit bezogene Körperbewegung zum Grundumsatz addiert werden (unter Verwendung von Gruppeneinstufungstabellen);
- bei Verfahren 2B wird der Energieumsatz mit Hilfe von tabellarischen Werten für die verschiedenen Tätigkeiten bestimmt.

Es wird eine Vorgehensweise beschrieben, um die Dauer der Tätigkeiten aufzuzeichnen und den zeitbezogenen mittleren Energieumsatz unter Verwendung der aus den vorgenannten Verfahren erhaltenen Daten zu berechnen.

Die Fehlermöglichkeiten sind hoch. Zur Bestimmung des Energieumsatzes für eine Arbeit, die aus einem Zyklus unterschiedlicher Aktivitäten besteht, ist eine Zeit- und Bewegungsstudie erforderlich.

Stufe 3 — Analyse: Ein Verfahren richtet sich an Personen, die in Berufsgesundheit und Ergonomie der thermischen Umgebung ausgebildet wurden. Der Energieumsatz wird aus der über eine repräsentative Zeitspanne hinweg aufgezeichneten Herzfrequenz bestimmt. Dieses Verfahren für die indirekte Bestimmung des Energieumsatzes beruht auf der Beziehung zwischen Sauerstoffaufnahme und Herzfrequenz unter festgelegten Bedingungen.

Stufe 4 — Expertise: Es werden drei Verfahren angegeben. Diese erfordern sehr genaue Messungen durch Fachleute:

- bei Verfahren 4A wird der Sauerstoffverbrauch über kurze Zeitspannen hinweg (10 min bis 20 min) gemessen. (Um nachzuweisen, dass die Zeitspanne, während der gemessen wird, repräsentativ ist, ist eine ausführliche Zeit- und Bewegungsstudie erforderlich.);
- Verfahren 4B ist das so genannte doppelt markierte Wasserverfahren, mit dem die Einschätzung des mittleren Energieumsatzes über viel längere Zeitspannen hinweg (eine Woche bis zwei Wochen) vorgenommen wird;
- Verfahren C ist ein direktes kalorimetrisches Verfahren.

Die Hauptfaktoren, die die Genauigkeit der Abschätzungen beeinflussen, sind folgende:

- individuelle Variabilität;
- unterschiedliche Arbeitsausrüstungen;
- Unterschiede in der Arbeitsgeschwindigkeit;
- Unterschiede in der Arbeitstechnik und der Fähigkeit;

- geschlechtsspezifische Unterschiede und anthropometrische Merkmale;
- kulturelle Unterschiede;
- bei Anwendung der Tabellen: Unterschiede zwischen den Beobachtern und deren Ausbildungsgrad;
- bei Anwendung von Stufe 3: die Genauigkeit der Beziehung zwischen Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme, da die Herzfrequenz durch weitere Stressfaktoren beeinflusst wird;
- bei Stufe 4: die Messgenauigkeit (Bestimmung des Gasvolumens und Sauerstoffgehalts).

Die Genauigkeit der Ergebnisse, jedoch auch die Kosten der Studie, nehmen von Stufe 1 nach Stufe 4 zu. Messungen nach Stufe 4 ergeben die genauesten Werte. So weit wie möglich sollte das genaueste Verfahren angewendet werden.

Tabelle 1 — Stufen für die Ermittlung des Energieumsatzes

Stufe	Verfahren	Genauigkeit	Arbeitsplatzinspektion
1 Screening	1A: Klassifikation nach Berufen	grobe Information sehr hohes Fehlerrisiko	nicht erforderlich, jedoch Bedarf an Informationen über technische Ausrüstung und Arbeitsorganisation
	1B: Klassifikation nach Tätigkeitsart		—
2 Beobachtung	2A: Gruppeneinstufungstabellen	hohes Fehlerrisiko Genauigkeit: $\pm 20\%$	Zeit- und Bewegungsstudie erforderlich
	2B: Tabellen für bestimmte Tätigkeiten		—
3 Analyse	Herzfrequenzmessung unter definierten Bedingungen	mittleres Fehlerrisiko Genauigkeit: $\pm 10\%$	Studie zur Bestimmung der repräsentativen Zeitspanne erforderlich
4 Expertise	4A: Messung des Sauerstoffverbrauchs	Fehler liegen innerhalb der Messgenauigkeit oder der Genauigkeit der Zeit- und Bewegungsstudie. Genauigkeit: $\pm 5\%$	Zeitstudie erforderlich
	4B: Doppelt markiertes Wasserverfahren		Arbeitsplatzinspektion nicht erforderlich, Freizeitaktivitäten müssen jedoch bewertet werden
	4C: Direkte Kalorimetrie		Arbeitsplatzinspektion nicht erforderlich

4 Stufe 1, Screening

4.1 Tabelle zur Abschätzung des Energieumsatzes nach Berufen

In Tabelle A.1 ist der Energieumsatz für unterschiedliche Berufe angegeben. Die Werte sind Durchschnittswerte für die gesamte Arbeitsperiode, doch ohne Berücksichtigung längerer Ruhepausen, zum Beispiel der Mittagspause. Deutliche Abweichungen können z. B. auf Grund von Unterschieden bezüglich Techniken, Arbeitsgeräten, der Arbeitsorganisation auftreten.

4.2 Klassifikation des Energieumsatzes nach Tätigkeitsarten

Der Energieumsatz kann näherungsweise durch Anwendung der in Anhang A angegebenen Klassifikation abgeschätzt werden. In Tabelle A.2 ist der Energieumsatz in fünf Klassen unterteilt: Ruhe, niedriger Energieumsatz, mittlerer Energieumsatz, hoher Energieumsatz, sehr hoher Energieumsatz. Für jede Klasse sind ein Durchschnittswert und ein Wertebereich für den Energieumsatz sowie einige Beispiele angegeben. Diese Aktivitäten schließen kurze Ruhepausen ein. Die in Tabelle A.2 angegebenen Beispiele verdeutlichen die Klassifikation.

5 Stufe 2, Beobachtung

5.1 Abschätzung des Energieumsatzes nach aufgabenbezogenen Anforderungen

Hierbei wird der Energieumsatz anhand folgender Beobachtungen abgeschätzt:

- des an der Arbeit beteiligten Körpersegmentes: beide Hände, ein Arm, zwei Arme, der gesamte Körper;
- der Arbeitsbelastung für das betreffende Körpersegment: leicht, mittel, schwer, subjektiv beurteilt aus der Sicht des Beobachters;
- der Körperhaltung: Sitzen; Knien; Hocken; Stehen; Stehen, gebeugte Haltung;
- der Arbeitsgeschwindigkeit.

In Tabelle B.1 sind der Durchschnittswert und der Bereich des Energieumsatzes für eine sitzende Durchschnittsperson in Abhängigkeit vom betreffenden Körpersegment und von der Arbeitsbelastung angegeben. In Tabelle B.2 sind die Korrekturwerte angegeben, die bei einer nicht sitzenden Körperhaltung anzuwenden sind.

5.2 Energieumsatz bei typischen Tätigkeiten

Werte für den Energieumsatz bei typischen Tätigkeiten können Tabelle B.3 entnommen werden. Diese Werte beruhen auf Messungen, die in vielen verschiedenen Laboratorien in der Vergangenheit durchgeführt wurden.

5.3 Energieumsatz für einen Arbeitszyklus

Zur Bestimmung des Gesamtenergieumsatzes eines Arbeitszyklus ist es erforderlich, eine Zeit- und Bewegungsstudie durchzuführen, die auch eine genaue Beschreibung der Arbeit enthält. Hierzu gehört auch eine Klassifizierung jeder Tätigkeit und die Berücksichtigung von Faktoren wie der Dauer einer jeden Tätigkeit, die zurückgelegten Wege, die überwundenen Höhenunterschiede, die bewegten Gewichte, die Anzahl der durchgeführten Tätigkeiten usw.

Der zeitbezogene mittlere Energieumsatz eines Arbeitszyklus lässt sich nach folgender Gleichung aus dem Energieumsatz der entsprechenden Tätigkeit und der entsprechenden Dauer berechnen:

$$M = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n M_i t_i \quad (1)$$

Dabei ist

- M der mittlere Energieumsatz des Arbeitszyklus, in Watt je Quadratmeter;
- M_i der Energieumsatz der Tätigkeit i , in Watt je Quadratmeter;
- t_i die Dauer der Tätigkeit i , in Minuten;
- T die Dauer des betrachteten Arbeitszyklus in Minuten, die gleich der Summe der Dauer der Tätigkeiten t_i ist.

Die Aufzeichnung der beruflichen Tätigkeiten und die Dauer der Tätigkeiten für einen Arbeitstag oder eine bestimmte Zeitspanne dürfen durch Verwendung des in Tabelle B.4 und Tabelle B.5 beschriebenen Tagebuchs vereinfacht werden. Tätigkeiten werden bei Veränderung unter Verwendung eines Klassifizierungscodes aufgezeichnet, der aus den Tabellen für die Abschätzung des Energieumsatzes nach Aufgabenkomponenten abgeleitet wird. Die Anzahl der zu betrachtenden Komponenten hängt von der Komplexität der Tätigkeiten ab.

Die Vorgehensweise ist wie folgt:

- a) der Name der zu untersuchenden Person sowie weitere Einzelheiten sind einzutragen;
- b) die Arbeit der zu untersuchenden Person ist zu beobachten (mindestens 2 h bis 3 h);
- c) auf der Grundlage der Tabellen B.1, B.2 oder B.3 sind jede individuelle Aufgabenkomponente und der entsprechende Energieumsatz abzuschätzen;
- d) bei jeder Änderung der Aufgabenkomponente ist eine Eintragung im Tagebuch vorzunehmen;
- e) die Gesamtdauer jeder Aufgabenkomponente ist zu berechnen;
- f) die Gesamtdauer jeder Aufgabenkomponente ist mit dem entsprechenden Energieumsatz zu multiplizieren;
- g) die Werte sind zu addieren;
- h) die Summe ist durch die Gesamtdauer der Beobachtungszeit zu dividieren.

Eingabemasken für die Auswertung enthalten die Tabellen B.4 und B.5.

5.4 Einfluss der Dauer von Ruhepausen und Arbeitsperioden

Die Tabellen im Anhang B können nicht für die Abschätzung des durchschnittlichen Energieverbrauchs für Arbeitsbedingungen mit einer unterbrochenen Folge von kurzen Tätigkeiten und langen Ruhepausen angewendet werden. In diesem Fall würde die in 5.3 beschriebene Technik zu einer Unterbewertung des Energieumsatzes führen, die als Simonson-Effekt bezeichnet wird. Die Grenzen der Gültigkeit für die Kombination aus Ruhepausen und Arbeitsperioden zeigt die Kurve in Bild 1. Beispiel 1 bezieht sich auf einen Zyklus von 8 min Ruhepause und 1 min Arbeitsdauer. In diesem Fall würde die in 5.3 beschriebene Technik zu einer Unterbewertung führen, und die im Anhang B enthaltenen Tabellen können nicht angewendet werden. Bei Arbeitsperiode-/Ruhepausezyklen wie in Beispiel 2 angegeben lassen sich die Tabellen mit der angegebenen Genauigkeit anwenden.

Bild 1 gilt nur, falls während der Ruhepause keine physische Arbeitsbelastung besteht.

Eine Erhöhung des Energieumsatzes auf Grund dieses Effektes hängt von der Arbeitsform und den beanspruchten Muskelgruppen ab. Weitere Angaben hierzu werden an dieser Stelle nicht vorgenommen, da es sich um ein sehr komplexes Problem handelt, das auf dieser Bewertungsstufe nur von geringer Bedeutung ist.