

DIN EN 1005-3

ICS 13.110; 13.180

Ersatz für
DIN EN 1005-3:2002-05

**Sicherheit von Maschinen –
Menschliche körperliche Leistung –
Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung;
Deutsche Fassung EN 1005:2002+A1:2008**

Safety of machinery –
Human physical performance –
Part 3: Recommended force limits for machinery operation;
German version EN 1005-3:2002+A1:2008

Sécurité des machines –
Performance physique humaine –
Partie 3: Limites des forces recommandées pour l'utilisation de machines;
Version allemande EN 1005-3:2002+A1:2008

Gesamtumfang 31 Seiten

Normenausschuss Ergonomie (NAErg) im DIN



Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab 2009-01-01.

Daneben darf DIN EN 1005-3:2002-05 noch bis 28. Dezember 2009 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen im Sinne des Gesetzes über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG)) und steht im Zusammenhang mit dem Europäischen Recht (EG-Maschinenrichtlinie), das in nationales Recht überführt wurde.

Sie beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitees CEN/TC 122 „Ergonomie“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) im Europäischen Komitee für Normung (CEN) in Zusammenhang mit der Novellierung der EG-Maschinenrichtlinie erarbeiteten EN 1005-3:2002+A1:2008.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung dieser Änderung wurden vom Gemeinschaftsarbeitsausschuss „Anthropometrie und Biomechanik“ (NA 023-00-03 GA) der Normenausschüsse Ergonomie (NAErg) und Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen.

Diese Europäische Norm konkretisiert einschlägige Anforderungen von Anhang I der EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EG (gültig bis 28. Dezember 2009) sowie mit Wirkung vom 29. Dezember 2009 der neuen EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG an erstmals im EWR in Verkehr gebrachte Maschinen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

Ab dem Zeitpunkt ihrer Bezeichnung als Harmonisierte Norm im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften kann der Hersteller bei ihrer Anwendung davon ausgehen, dass er die von der Norm behandelten Anforderungen der Maschinenrichtlinie eingehalten hat (so genannte Vermutungswirkung).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1005-3:2002-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufnahme eines informativen Anhangs ZB über den Zusammenhang zwischen der Europäischen Norm EN 1005-3:2002 und den grundlegenden Anforderungen der EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.

Frühere Ausgaben

DIN EN 1005-3: 2002-05

Deutsche Fassung

**Sicherheit von Maschinen —
Menschliche körperliche Leistung —
Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung**

Safety of machinery —
Human physical performance —
Part 3: Recommended force limits for machinery operation

Sécurité des machines —
Performance physique humaine —
Partie 3: Limites des forces recommandées pour l'utilisation
de machines

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. November 2001 angenommen und schließt Änderung 1 ein, die am 18. August 2008 vom CEN angenommen wurde.

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 des CEN 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, 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 Begriffe	5
4 Empfehlungen	5
4.1 Allgemeine Empfehlungen und Informationen.....	5
4.2 Risikobewertung von Aktionskräften	6
4.2.1 Stufe A: Bestimmung der isometrischen Maximalkraft als Basiswert.....	8
4.2.2 Stufe B: Bestimmung angepasster Kapazitätsgrenzen	10
4.2.3 Stufe C: Abschätzung der Erträglichkeit und des Risikos	11
4.3 Risikofaktoren	12
4.3.1 Arbeitshaltungen	12
4.3.2 Beschleunigung der Bewegungsgenauigkeit.....	12
4.3.3 Vibrationen	13
4.3.4 Mensch-Maschine-Interaktion	13
4.3.5 Persönliche Schutzausrüstung	13
4.3.6 Äußere Umgebung.....	13
Anhang A (informativ) Berechnungsverfahren für Alternative 2.....	14
A.1 Allgemeines.....	14
A.2 Eingabeparameter.....	14
A.3 Verfahren	15
A.3.1 Kraftverteilungen	15
A.3.2 Logarithmische Transformationen	15
A.3.3 Perzentilkräfte für Kräfte	16
A.4 Ergebnisse.....	17
Anhang B (informativ) Berechnungsverfahren für Alternative 3.....	18
B.1 Allgemeines.....	18
B.2 Eingabeparameter.....	18
B.2.1 Kraft.....	18
B.2.2 Demographisches Benutzerprofil	19
B.3 Verfahren	20
B.3.1 Synthetische Verteilungsparameter der Untergruppen.....	20
B.3.2 Logarithmische Verteilungen	21
B.3.3 Berechnung neuer Verteilungsfunktionen für Untergruppen von Frauen und Männern.....	22
B.3.4 Wichtung und Kombination der Verteilungen aller Untergruppen.....	23
B.3.5 Berechnung von Perzentilwerten.....	24
B.4 Ergebnis.....	25
Anhang ZA (informativ)  Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 98/37/EG, geändert durch 98/79/EG	26
Anhang ZB (informativ)  Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 2006/42/EG	27
Literaturhinweise	28

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1005-3:2002+A1:2008) wurde vom 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 2009, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2009 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument beinhaltet die Änderung 1, die am 2008-08-18 vom CEN angenommen wurde.

Dieses Dokument ersetzt EN 1005-3:2002.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten und geänderten Teile sind jeweils durch Änderungsmarken **A1** **A1** angegeben.

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

A1 Zum Zusammenhang mit EG-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA und ZB, der Bestandteil dieses Dokuments ist. **A1**

EN 1005 besteht aus folgenden Teilen unter der allgemeinen Überschrift „Sicherheit von Maschinen — Menschliche körperliche Leistung“:

- Teil 1: Begriffe
- Teil 2¹⁾: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen
- Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung
- Teil 4¹⁾: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen
- Teil 5¹⁾: Risikobewertung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen

Die Anhänge A und B dienen lediglich zur Information.

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

1) Diese Europäische Norm wird zurzeit durch CEN/TC 122/WG 4 „Biomechanik“ erarbeitet.

Einleitung

Während der Lebensdauer von Maschinen, gerechnet vom Bau bis zur Demontage, sind im Umgang damit verschiedenartige Muskelkräfte erforderlich. Diese Kräfte beanspruchen das Muskel-Skelett-System. Unter Umständen werden dadurch gewisse Risiken gefördert wie Ermüdung, Unbehagen und krankhafte Beeinträchtigungen des Bewegungsapparates. Der Hersteller einer Maschine steht somit vor der Aufgabe, solche Gesundheitsrisiken zu kontrollieren, indem er die aufzuwendenden Kräfte optimiert und dabei deren Häufigkeit, Dauer und die Art der Kraftaufwendungen berücksichtigt.

Das Berechnungsverfahren und die empfohlenen Grenzen in dieser Norm zielen darauf ab, das Gesundheitsrisiko für den Benutzer zu mindern. Dies erweitert darüber hinaus den Anwendungsbereich, so dass man damit auch größeren Bevölkerungskreisen die Nutzung von Maschinen ermöglicht. Nicht zuletzt führt gerade dies zu einer Erhöhung von Effizienz und Wirtschaftlichkeit.

Diese Norm wurde als harmonisierte Norm im Sinne der Maschinenrichtlinie und der zugehörigen EFTA-Regelungen erstellt.

Diese Norm steht in Übereinstimmung mit EN 1050 und weist den Anwender auf die Gefahr krankhafter Beeinträchtigungen des Bewegungsapparates hin. Ferner bietet sie auch Hilfsmittel für eine qualitative und in bestimmtem Maße auch quantitative Risikobewertung an. Im Rahmen dieser Hilfsmittel zur Risikobewertung werden auch Hinweise gegeben, wie solche Risiken vermindert werden können. Diese Norm behandelt keine Risiken, die mit Unfällen in Zusammenhang stehen.

Diese Norm baut auf vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen der Physiologie und Epidemiologie manueller Arbeiten auf. Diese Kenntnisse sind allerdings beschränkt, und die vorgeschlagenen Grenzen sind keineswegs endgültig. Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung Teil 2, Abschnitt 4.9.3, werden Europäische Normen in Abständen von nicht mehr als fünf Jahren überprüft.

Diese Europäische Norm ist eine Typ B-Norm wie in EN 1070 angegeben.

Die Festlegungen in diesem Dokument können durch eine Typ C-Norm ergänzt oder modifiziert werden.

ANMERKUNG Für Maschinen, die unter den Anwendungsbereich einer Typ C-Norm fallen und die nach den Festlegungen dieser Typ C-Norm konzipiert worden sind gilt: Die Festlegungen der Typ C-Norm haben Vorrang gegenüber den Festlegungen dieser Typ B-Norm.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm bietet dem Hersteller kompletter Maschinen oder einzelner Bauteile und dem Verfasser von C-Normen einen Leitfaden zur Kontrolle solcher gesundheitlicher Risiken, die auf Handhabungskräfte im Umgang mit Maschinen zurückzuführen sind.

Diese Norm legt empfohlene Kraftgrenzen im Umgang mit Maschinen fest: dazu gehören deren Gestaltung, Transport, Inbetriebnahme (Montage, Installation, Einrichten), Gebrauch (Betrieb, Reinigung, Fehlersuche, Wartung, Einrichtung, Einweisung oder Umrüstung), Stilllegung, Entsorgung und Abbau. Diese Norm gilt in erster Linie für Maschinen, die nach dem In-Kraft-Treten der Norm hergestellt werden.

Diese Norm gilt einerseits für Maschinen bei gewerblicher Nutzung. In diesem Fall geht man von der erwachsenen arbeitenden Bevölkerung mit normalen körperlichen Fähigkeiten und ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen aus. Andererseits gilt diese Norm auch für Maschinen zum häuslichen Gebrauch. Hier zielt man auf die Gesamtbevölkerung ab, einschließlich junger und älterer Menschen.

Die Empfehlungen beruhen auf Forschungsergebnissen mit Bezug auf die europäische Bevölkerung.

Dieses Dokument gilt nicht für Maschinen, die hergestellt wurden, bevor CEN dieses Dokument veröffentlicht wurde.

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 nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 614-1, *Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Gestaltungsgrundsätze — Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze*

EN 1005-1:2001, *Sicherheit von Maschinen — Menschliche körperliche Leistung — Teil 1: Begriffe*

EN 1070, *Sicherheit von Maschinen — Terminologie*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN 614-1, EN 1005-1:2001 und EN 1070 angegebenen Begriffe.

4 Empfehlungen

4.1 Allgemeine Empfehlungen und Informationen

Der Hersteller sollte sich zunächst an EN 292-2:1991, Anhang A, und EN 614-1 und -2 orientieren und danach das unten beschriebene Verfahren zur Bestimmung von Kraftgrenzen anwenden.

Es ist von vordringlicher Bedeutung, dass der Benutzer einer Maschine die Reihenfolge der Betriebsabläufe und den Takt der Maschine steuern kann. Weiterhin müssen Maschinen so gestaltet sein, dass jede Tätigkeit mit Kraftentwicklung optimal ausgeführt werden kann. Dies gilt im Hinblick auf Körperhaltung, auf die Stellung aller Gliedmaßen und hinsichtlich der Krafrichtung. Ferner müssen Maschinen so gestaltet sein, dass Abwechslung in Bewegung und Krafteinsatz ermöglicht wird.

Das in dieser Norm beschriebene Verfahren zur Risikobewertung sollte grundsätzlich für jede mögliche Betriebsform einer Maschine durchgeführt werden. Es sei jedoch darauf verwiesen, dass selten vorkommende Tätigkeiten mit geringem Kraftaufwand überschlägig beurteilt werden können.

Stellteiloperationen und damit zusammenhängende Tätigkeiten werden in EN 894-3 behandelt. Die vorliegende Norm liefert jedoch wichtige zusätzliche Informationen im Hinblick auf körperliche Leistungsgrenzen und die Sicherheit des Benutzers.

4.2 Risikobewertung von Aktionskräften

Grundlage der Risikobewertung in der vorliegenden Norm sind Maximalkräfte der jeweils vorgesehenen Benutzerpopulation. Das Verfahren selbst ist gemäß Bild 1 in drei Stufen untergliedert:

In Stufe A werden isometrische Maximalkräfte für relevante Arbeiten der vorgesehenen Benutzerpopulation festgelegt. Die Bestimmung von Maximalkräften kann im Rahmen dieser Norm nach drei alternativen Verfahren erfolgen.

In Stufe B werden die in Stufe A ermittelten Maximalkräfte reduziert — entsprechend den Begleitumständen der Arbeitssituation (Geschwindigkeit, Häufigkeit und Dauer der Tätigkeit). Die Reduktion wird über eine Reihe von Multiplikatoren umgesetzt. Als Ergebnis erhält man Kräfte, die ohne größere Ermüdung erbracht werden können.

In Stufe C wird das mit der bestimmungsgemäßen Anwendung der Maschine verbundene Risiko bestimmt. Die Risikoabschätzung erfolgt unter Anwendung von Risikofaktoren. Dadurch wird die maximal erreichbare Kraft aus Stufe B auf Werte reduziert, die unterschiedlichen Risikostufen entsprechen.

Schwerpunkt der Risikobewertung sind Störungen des Muskel-Skelett-Systems. Man geht dabei von der Annahme aus, dass geringere Ermüdung während der Arbeit sich auch in weniger gesundheitlichen Störungen auswirkt.

Die empfohlenen Kraftgrenzen sind auf einen Großteil von Männern und Frauen der Allgemeinbevölkerung anwendbar. Vorausgesetzt wird dabei eine optimale Körperhaltung bei idealen Bedingungen. Die Grenzen gelten innerhalb des optimalen Bewegungsbereichs aller beteiligter Gelenke.

Es wird empfohlen, dass Kraftgrenzen im gewerblichen Bereich dem 15. Perzentil der gesamten erwachsenen Bevölkerung entsprechen. Dazu gehören Männer und Frauen im Alter zwischen 20 Jahren und 65 Jahren. Die Kraftgrenzen für Maschinen zum häuslichen Gebrauch sollten dem 1. Perzentil der gleichen erwachsenen Bevölkerung entsprechen. Die Norm hebt speziell auf die erwachsene Bevölkerung ab, da zuverlässige Daten über Körperkräfte Jugendlicher und älterer Personen nur im geringen Umfang vorliegen oder nicht zur Verfügung stehen. Die nach dieser Norm aufgestellten Grenzen schränken die möglichen Gefahren für mindestens 85 % der vorgesehenen Benutzerpopulation wesentlich ein.

Der Hersteller sollte auch bedenken, dass die durch diese Norm dargelegte Kraftabschätzung ebenso als Leitfaden bei der Erarbeitung von Gebrauchs-/Betriebsanleitungen für Maschinen angewendet werden kann.

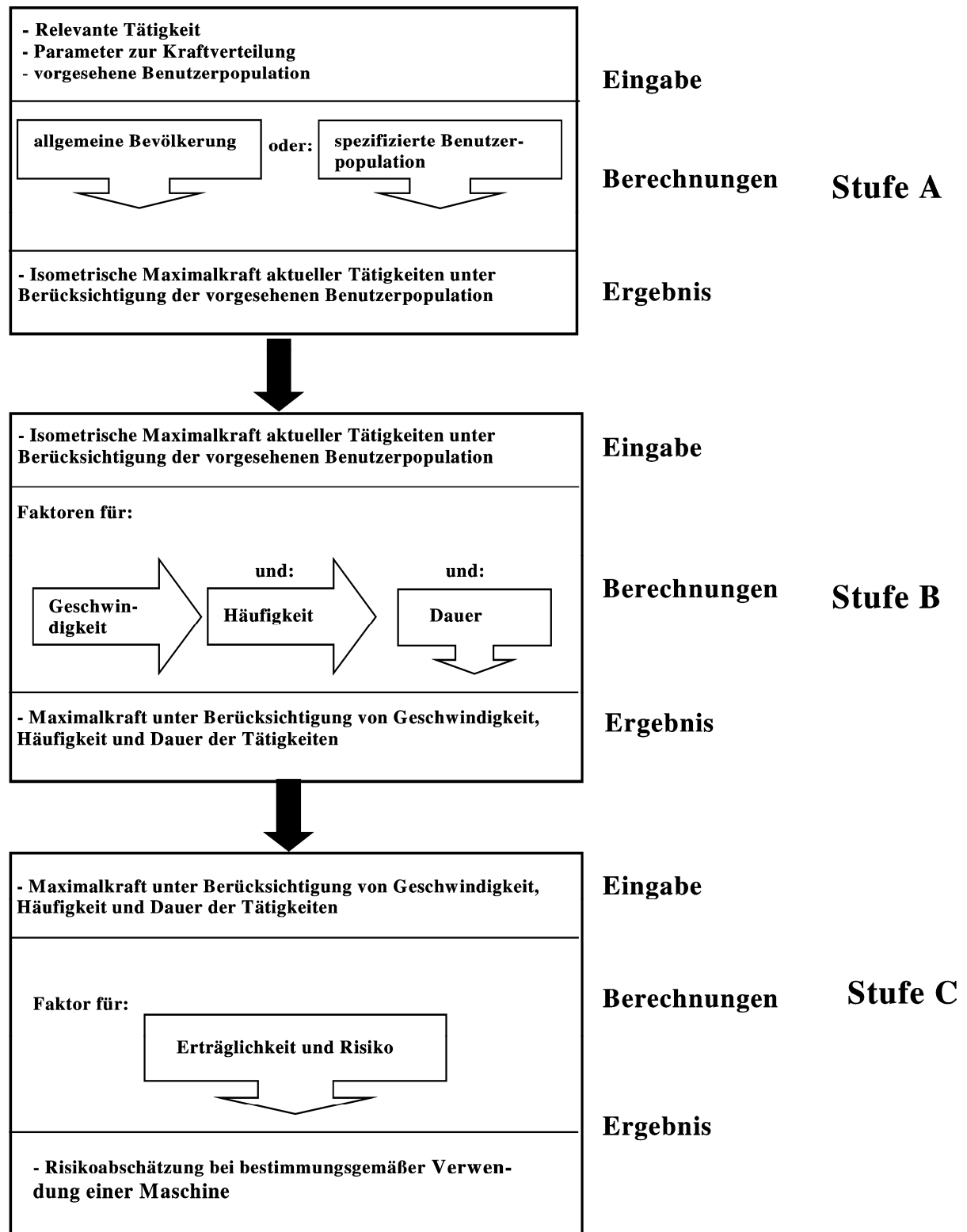


Bild 1 — Verfahren zur Risikoabschätzung bei der Verwendung von Maschinen für bekannte vorgesehene Benutzerpopulation

4.2.1 Stufe A: Bestimmung der isometrischen Maximalkraft als Basiswert

Ergebnis: isometrische Maximalkraft, F_B , für definierte Tätigkeiten unter Berücksichtigung der vorgesehenen Benutzerpopulation.

Stufe A wird nach einer von drei Alternativen ausgeführt:

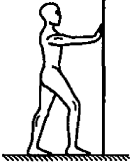
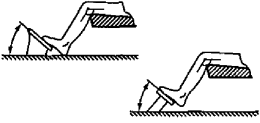
Alternative 1

Vorberechnete Werte für F_B aus Tabelle 1 entnehmen, falls vorhanden. Diese Grenzen repräsentieren die allgemeine europäische Arbeitsbevölkerung mit der gegebenen Alters- und Geschlechterverteilung (Eur 12, 1993). Vorberechnungen wurden nach Alternative 3 ausgeführt. Diese Werte sind für die in der Tabelle 1 gezeigten optimalen Arbeits-Körperhaltungen berechnet. Der Hersteller muss bedenken, dass Körperkraft, insbesondere bei Armarbeit, stark durch die Arbeitshaltungen und die Richtung der Kraftanwendung beeinflusst wird.

Tabelle 1 — Isometrische Maximalkraft F_B . Die vorberechneten Werte stellen isometrische Maximalkräfte bei einigen üblichen Tätigkeiten in Gewerbe und Haushalt dar. Diese Werte gelten nur bei optimalen Arbeitsbedingungen.

Tätigkeit		Gewerbliche Nutzung F_B in H	Häuslicher Gebrauch F_B in H
	Handarbeit (einhändig): Kraftgriff	250	184
rein↔raus  drücken ↑ ziehen  hoch ↑ runter	Armarbeit (sitzende Haltung, einarmig):		
	— aufwärts	50	31
	— abwärts	75	44
	— nach außen	55	31
	— nach innen	75	49
	— Schieben:		
	— mit Rumpfabstützung	275	186
	— ohne Rumpfabstützung	62	30
	— Ziehen:		
	— mit Rumpfabstützung	225	169
	— ohne Rumpfabstützung	55	28

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Tätigkeit		Gewerbliche Nutzung F_B in H	Häuslicher Gebrauch F_B in H
	Ganzkörperarbeit (stehende Haltung):		
	— Schieben	200	119
	— Ziehen	145	96
	Pedalarbeit (sitzende Haltung, mit Rumpfabstützung):		
	— Betätigung mit dem Fußgelenk	250	154
	— Betätigung mit dem Bein	475	308

Alternative 2

Berechnung von F_B anhand eines einfachen Verfahrens, wie in Anhang A beschrieben. Alternative 2 ist eine grobe Näherung, die von einer gleichen Verteilung von Männern und Frauen ausgeht. Sie kann angewendet werden,

- wenn die vorgesehene Benutzerpopulation der allgemeinen europäischen Bevölkerung ähnelt, oder
- wenn ein demographisches Profil der vorgesehenen Benutzerpopulation nicht verfügbar ist.

Alternative 2 bezieht sich auf Kraftdaten der allgemeinen weiblichen Bevölkerung.

Grenzen lassen sich unter Durchführung der folgenden grundlegenden Schritte berechnen:

- Auswahl relevanter Tätigkeiten und deren Krafrichtungen;
- Bestimmung von Verteilungsparametern isometrischer Kräfte bei den relevanten Tätigkeiten für die erwachsene europäische Allgemeinbevölkerung ohne gesundheitliche Einschränkungen;
- Entscheid darüber, ob Maschinen für gewerbliche Zwecke oder für den häuslichen Gebrauch bestimmt sind;
- Bestimmung von F_B als das 15. Perzentil der Kraftwerte bei gewerblicher Nutzung oder als das 1. Perzentil für den häuslichen Gebrauch.

Zu weiteren Informationen und zu einem konkreten Berechnungsvorschlag siehe Anhang A. Es wird darauf hingewiesen, dass Anhang A informativer und nicht normativer Art ist.

Alternative 3

Diese Alternative erlaubt die genaue Berechnung von F_B mit einem erweiterten Verfahren, wie in Anhang B. Die Größe von F_B spiegelt genau die vorgesehene Zielpopulation wider.

Folglich ist Alternative 3 anwendbar,

- wenn die vorgesehene Zielpopulation in ihrer spezifischen Alters- und Geschlechterzusammensetzung bekannt ist.

Alternative 3 bezieht sich auf Kraftdaten einer bestimmten Untergruppe, nämlich von Frauen zwischen 20 Jahren und 30 Jahren.

Grenzen lassen sich unter Durchführung der folgenden grundlegenden Schritte berechnen:

- Auswahl relevanter Tätigkeiten und deren Kraftrichtungen;
- Bestimmung von Verteilungsparametern der Kraftwerte (Mittelwert und Standardabweichung) einer bestimmten Referenzgruppe (Frauen zwischen 20 und 30 Jahren);
- Bestimmung der Alters- und Geschlechterverteilung der vorgesehenen Benutzerpopulation, wie beschrieben durch ihr demographisches Profil;
- Bestimmung von F_B als das 15. Perzentil der Kraftwerte bei gewerblicher Nutzung oder als das 1. Perzentil für den häuslichen Gebrauch.

Zu weiteren Informationen und zu einem konkreten Berechnungsvorschlag siehe Anhang B. Es wird darauf hingewiesen, dass Anhang B informativer und nicht normativer Art ist.

4.2.2 Stufe B: Bestimmung angepasster Kapazitätsgrenzen

Ergebnis: Maximale Kraftgrenze für die vorgesehene Benutzerpopulation unter Berücksichtigung von Geschwindigkeit, Häufigkeit und Dauer der Tätigkeit.

4.2.2.1 Geschwindigkeitsfaktor m_V

Die Maximalkraft lässt bei schnellen Kontraktionsbewegungen nach. Dies wird über den Geschwindigkeitsfaktor m_V in Tabelle 2 berücksichtigt.

Tabelle 2 — Geschwindigkeitsfaktor m_V für die Bewegungsgeschwindigkeit

Bewegung	nein es treten keine oder nur sehr langsame Bewegungen auf	ja Bewegungen sind eindeutig feststellbar
m_V	1,0	0,8

4.2.2.2 Frequenzfaktor m_f

In schneller Folge wiederholte Bewegungen führen häufig zu Ermüdungserscheinungen. Dabei nimmt die Maximalkraft ab. Solche Ermüdungseffekte resultieren aus der Dauer einer jeden Einzeltätigkeit („Betätigungszeit“) und der Häufigkeit, mit der diese Tätigkeit beim Betrieb von Maschinen vorkommt. Der Faktor m_f , der dies berücksichtigen soll, wird nach Tabelle 3 bestimmt.

Tabelle 3 — Frequenzfaktor m_f in Abhängigkeit von der Tätigkeitsdauer („Betätigungszeit“) und der Betätigungsfrequenz

Betätigungszeit min	Betätigungsfrequenz (min^{-1})			
	$\leq 0,2$	$> 0,2$ bis 2	> 2 bis 20	> 20
$\leq 0,05$	1,0	0,8	0,5	0,3
$> 0,05$	0,6	0,4	0,2	nicht anwendbar

4.2.2.3 Zeitfaktor m_d

Ermüdung, d. h. nachlassende Maximalkraft, entwickelt sich zunehmend mit fortschreitender Arbeitsdauer. Ähnliche Tätigkeiten können als Ursachen von Ermüdung additiv wirken, wenn sie gleiche Gewebestrukturen belasten. Daher sollte, neben der eigentlichen Arbeitsdauer, auch die Dauer ähnlicher Nebentätigkeiten in die Bewertung mit einbezogen werden. Im Rahmen der untenstehenden Tabelle sollten ähnliche Tätigkeiten nicht nur gleichartig sein (d. h. Schieben, Drücken usw.), sondern auch innerhalb eines mittleren Bewegungsbereichs von Händen oder Füßen (wie zutreffend) ausgeführt werden. Der in Tabelle 4 angegebene Faktor m_d beachtet speziell den Einfluss der aktuellen Arbeitsdauer. Die „Arbeitsdauer“ in der Tabelle umfasst Arbeitszeiten und Pausen gleichermaßen.

**Tabelle 4 — Zeitfaktor m_d für die kumulierte Dauer (h)
vergleichbarer Tätigkeiten**

Dauer (h)	≤ 1	> 1 bis 2	> 2 bis 8
m_d	1,0	0,8	0,5

4.2.2.4 Berechnung der reduzierten Kapazitätsgrenze, F_{Br}

Die reduzierte Kapazitätsgrenze wird unter Berücksichtigung von Geschwindigkeit, Häufigkeit und Dauer einer Tätigkeit nach folgender Gleichung berechnet:

$$F_{Br} = F_B \cdot m_v \cdot m_f \cdot m_d$$

Hierin sind:

F_B die isometrische Maximalkraft;

m_v der Geschwindigkeitsfaktor;

m_f der Frequenzfaktor;

m_d der Zeitfaktor.

4.2.3 Stufe C: Abschätzung der Erträglichkeit und des Risikos

Ergebnis: Risikobewertung von Handhabungskräften beim Betrieb von Maschinen

Die beiden vorangehenden Stufen befassen sich ausschließlich mit Kapazitätsgrenzen. Dabei bauen sie auf isometrischen Maximalkräften auf. So zeigt der Zahlenwert von F_{Br} die äußerste Grenze körperlicher Kraftentwicklung an. Gesundheitliche Risiken bestehen jedoch schon weit unterhalb im Bereich submaximaler Kräfte. Der unten festgelegte Risikofaktor berücksichtigt dies. Er basiert einerseits auf der Belastbarkeit von Körpergewebe (insbesondere von Muskeln, Sehnen und Gelenken) und realisiert andererseits unterschiedliche Risikostufen. Der Risikofaktor definiert drei Risikozonen, die dem Hersteller eine Abschätzung des Risikos bei der bestimmungsgemäßen Anwendung der Maschine ermöglichen.

Die Abschätzung der Erträglichkeit und des Risikos wird wie folgt durchgeführt:

- Die in Stufe B ermittelte Kraft (reduzierte Kapazitätsgrenze) wird nach folgender Gleichung mit den in Tabelle 5 angegebenen Werten für m_r multipliziert:

$$F_R = m_r \cdot F_{Br}$$

Hierin ist:

F_R die Risikobewertungskraft.

- Dies führt zur Festlegung von Risikozonen, die mit den Aktionskräften beim Betrieb der Maschine in Verbindung stehen. Die Abschätzung des Risikos innerhalb jeder Zone ergibt sich aus Tabelle 5.
- Anhand dieser Risikozonen kann der Hersteller den Entwurf einer Maschine bewerten. Gleichzeitig erhält er zahlenmäßige Hilfestellung bei der Ausarbeitung von Betriebs-/Gebrauchsanleitungen für Maschinen.

Tabelle 5 — Risikofaktor m_r zur Definition von Risikozonen

Risikozone	m_r
empfohlen	$\leq 0,5$
nicht empfohlen	$> 0,5$ bis $0,7$
zu vermeiden	$> 0,7$

Empfohlene Zone: Das Risiko von Erkrankungen oder Verletzungen ist vernachlässigbar klein. Es besteht kein Handlungsbedarf.

Nicht empfohlene Zone: Das Risiko von Erkrankungen oder Verletzungen kann nicht außer Acht gelassen werden. Diese Risiken müssen deshalb genauer analysiert und bewertet werden unter Berücksichtigung zusätzlicher Risikofaktoren, einschließlich der in 4.3 dargestellten Faktoren. Wenn sich danach keine weiteren Risiken ergeben, kann der Wert des Risikofaktors von 0,7 als vertretbar angesehen werden. Anderenfalls können Um- oder Neugestaltung oder auch andere Maßnahmen erforderlich werden, um das Risiko zu mindern.

Zu vermeidende Zone: Das Risiko von Erkrankungen oder Verletzungen ist offensichtlich und kann nicht akzeptiert werden. Maßnahmen zur Risikominderung sind deshalb erforderlich.

Es sollte betont werden, dass Maschinen mit hohen Handhabungsfrequenzen, unabhängig von der erforderlichen Betätigungskraft, mit einem erheblichen Verletzungsrisiko verbunden sein können. Zu weiteren Informationen sollte auf EN 1005-5¹⁾ verwiesen werden.

4.3 Risikofaktoren

4.3.1 Arbeitshaltungen

Jede Maschine sollte uneingeschränkte, verschiedene und häufige Veränderungen der Körperhaltung bei ihrer Handhabung und während ihres Betriebs zulassen. Gleichzeitig sollten extreme Stellungen der Gelenke vermieden werden. Bei der Betrachtung der Körperhaltungen sollte EN 1005-4¹⁾ herangezogen werden.

4.3.2 Beschleunigung der Bewegungsgenauigkeit

Es sollte berücksichtigt werden, dass hohe Beschleunigungen in der Regel zu erhöhten Gewebebeanspruchungen führen und somit ein erhöhtes Risiko für Verletzungen und Störungen darstellen. Es sollte auch beachtet werden, dass Bewegungen, die eine hohe Präzision erfordern, langsamer ausgeführt werden und zu erhöhter Muskelbelastung führen können.

4.3.3 Vibrationen

Maschinen sollten auf Arme oder den Körper eines Benutzers keinerlei Vibrationen übertragen. Vibrationen beeinträchtigen die Maximalkräfte und können ihrerseits Störungen am Muskel-Skelett-System verursachen.

4.3.4 Mensch-Maschine-Interaktion

Dem Benutzer sollte die volle Kontrolle seines Arbeitstempos möglich sein. Während des Maschinenlaufs sollte er in der Lage sein, zu jedem Zeitpunkt die Maschine einzuschalten oder auszuschalten. Der Hersteller sollte sich des Risikos von Störungen des Muskel-Skelett-Systems bewusst sein, die ihre Ursache in monotoner wiederholender Arbeit haben.

4.3.5 Persönliche Schutzausrüstung

Die persönliche Schutzkleidung kann zusammen mit anderen Ausrüstungsgegenständen Bewegungen des Benutzers bei der Arbeit an Maschinen behindern. Typischerweise gehören dazu Handschuhe, Schürzen, Overalls, flammenhemmende Hosen, Gamaschen, rutschfestes Schuhwerk mit Zehenschutz, Schutzbrillen, Gesichtsmasken oder Atemgeräte. Dies muss bei der Konstruktion von Maschinen in der Weise beachtet werden, dass man nicht nur genügend Freiraum vorsieht, sondern dass man auch die verminderte Kraft und Beweglichkeit beim Tragen der persönlichen Schutzausrüstung berücksichtigt.

4.3.6 Äußere Umgebung

Die erwarteten Umgebungsbedingungen bei der bestimmungsgemäßen Anwendung von Maschinen müssen berücksichtigt werden. Darauf muss besonderer Wert gelegt werden, wenn Arbeiten bei extremen Temperaturen durchgeführt werden müssen. Beispielsweise können hohe Temperaturen oder Feuchtigkeit eine schnelle Ermüdung bewirken; Arbeiten bei niedrigen Temperaturen können einzelne Körperteile weitgehend empfindungslos machen. Es können auch Handschuhe erforderlich sein, was zu einem Verlust an manueller Geschicklichkeit führt. Es ist ebenfalls wichtig, die Beleuchtungsverhältnisse zu beachten.

Anhang A (informativ)

Berechnungsverfahren für Alternative 2

A.1 Allgemeines

In Anhang A wird ein schnelles Näherungsverfahren zur Bestimmung von Kraftgrenzen festgelegt. Dieses Verfahren geht von einer Gleichverteilung zwischen Frauen und Männer aus und kommt dann zur Anwendung

- wenn die Benutzerpopulation einer Maschine nur ungenau bekannt ist, oder
- wenn Maschinen speziell für die erwachsene und erwerbstätige europäische Bevölkerung konstruiert werden.

Im Übrigen kann Anhang A dazu verwendet werden, ein in Anhang B dargestelltes umfassenderes Verfahren zu umgehen. Die Anwendung von Anhang B wird dann empfohlen, wenn die realen Handhabungskräfte die Grenzen, wie im Folgenden berechnet, knapp verfehlen.

A.2 Eingabeparameter

In einer ersten Stufe sollte der Arbeitsablauf des Benutzers analysiert werden, um die gefährlichsten Tätigkeiten und die erforderlichen Kräfte zu erfassen. Die Verteilungsparameter (Mittelwert und Standardabweichung) maximaler Körperkräfte sind entweder in der Fachliteratur zu finden oder sie werden der unten stehenden Tabelle A.1 entnommen. Diese Kraftdaten sollten im Allgemeinen die erwachsene und erwerbstätige europäische Bevölkerung repräsentieren. Näherungsweise wird empfohlen, insbesondere mit solchen Verteilungsparametern zu beginnen, die sich speziell auf Frauen als Referenzgruppe beziehen. Mit diesen Parametern lassen sich in guter Näherung Kraftgrenzen F_B gewinnen, die beide Geschlechter gemeinsamen vertreten:

- vorgesehene Benutzerpopulation: erwachsene und erwerbstätige europäische Bevölkerung;
- Referenzgruppe: erwachsene weibliche Bevölkerung;
- Verteilungsparameter: Mittelwert der Kraft $\bar{F}$ und Standardabweichung σ der Referenzgruppe.

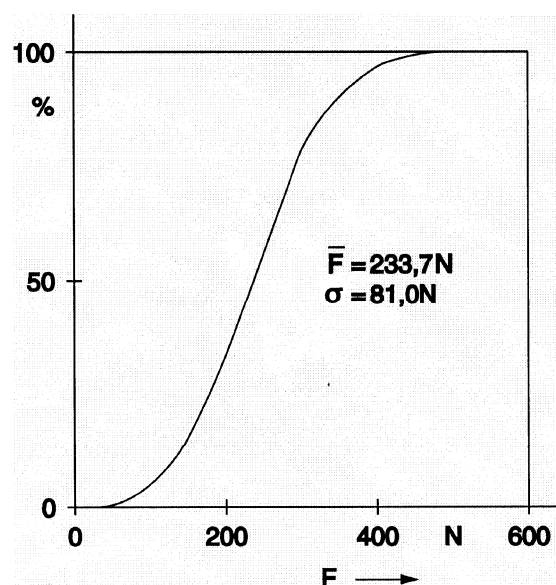
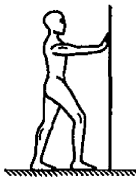
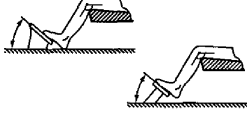


Bild A.1 — Beispiel für Verteilungsparameter

Tabelle A.1 — Musterwerte für die Verteilungsparameter $\bar{F}$ und σ (Referenzgruppe: Frauen im Erwachsenenalter)

Tätigkeit		$\bar{F}$ N	σ N
	Handarbeit (einhändig): Kraftgriff	278,0	62,2
rein↔raus  drücken ↕ ziehen hoch ↕ runter 	Armarbeit (sitzende Haltung, einarmig):		
	— aufwärts	58,0	18,4
	— abwärts	88,6	33,2
	— nach außen	65,5	26,2
	— nach innen	85,6	24,6
	— Schieben:		
	— mit Rumpfabstützung	312,0	84,8
	— ohne Rumpfabstützung	78,0	42,7
	— Ziehen:		
	— mit Rumpfabstützung	246,0	45,7
	— ohne Rumpfabstützung	67,9	33,5
	Ganzkörperarbeit (stehende Haltung):		
	— Schieben	233,7	81,0
	— Ziehen	164,6	44,9
	Pedalarbeit (sitzende Haltung, mit Rumpfabstützung):		
	— Betätigung mit dem Fußgelenk	293,4	104,7
	— Betätigung mit dem Bein	542,5	156,2

ANMERKUNG Näherung: Falls keine Daten für die Referenzgruppe vorliegen, können näherungsweise auch Verteilungsparameter aus Anhang B verwendet werden — junge Frauen im Alter zwischen 20 und 30 Jahren.

A.3 Verfahren

A.3.1 Kraftverteilungen

Verteilungsfunktionen $DF(x)$ aller auftretenden Kräfte werden hier durch Mittelwert und Standardabweichung definiert. Damit geht man von Normalverteilungen aus und eröffnet auf diese Weise einen für die Praxis einfachen Weg zur Bestimmung von Kraftgrenzen.

A.3.2 Logarithmische Transformationen

Die Werte gewinnen an Genauigkeit, wenn man zu logarithmischen Normalverteilungen überwechselt:

$$\bar{F} = \ln \bar{F}$$

$$\delta_{\ln} = \ln \frac{\bar{F} + \sigma}{\bar{F}}$$

BEISPIEL Schieben

$$\bar{F}_{\ln} = \ln 233,7 = 5,45$$

$$\sigma_{\ln} = \ln \frac{233,7 + 81}{233,7} = 0,30$$

A.3.3 Perzentilkräfte für Kräfte

Ausgehend von obigen Verteilungsparametern, $\bar{F}_{\ln}$ und $\sigma_{\ln}$ können logarithmische Perzentile der Kraft $\bar{F}_{\ln\%}$ berechnet werden:

$$F_{\ln\%} = \bar{F}_{\ln} + z_{\%} \cdot \sigma_{\ln}$$

Mit Bezug auf das 15. und das 1. Perzentil der Zielgruppe beläuft sich $z_{\%}$ auf²⁾

$$z_{15\%} = -0,524\ 4$$

$$z_{1\%} = -2,053\ 7$$

BEISPIEL

$$F_{\ln 15\%} = 5,45 - 0,524\ 4 \times 0,30 = 5,30$$

$$F_{\ln 1\%} = 5,45 - 2,053\ 7 \times 0,30 = 4,84$$

Eine einfache Rücktransformation in den linearen Maßstab ergibt schließlich die entsprechenden Kraftperzentile $F_{\%}$:

$$F_{\%} = e^{F_{\ln\%}} \quad \text{N}$$

BEISPIEL

$$F_{15\%} = e^{5,3} = 200 \quad \text{N}$$

$$F_{1\%} = e^{4,84} = 126 \quad \text{N}$$

2) Annahme

$$z_{15\%}^{\text{allg. Bevölkerung}} = z_{30\%}^{\text{Frauen}} = -0,5244$$

und

$$z_{1\%}^{\text{allg. Bevölkerung}} = z_{2\%}^{\text{Frauen}} = -2,0537$$

A.4 Ergebnisse

Beide Perzentilwerte, $F_{15\%}$ und $F_{1\%}$, werden als isometrische Maximalkraft F_B definiert:

$$F_B = \begin{cases} F_{15\%} & \text{beigewerblicher Nutzung} \\ F_{1\%} & \text{beihäuslicher Nutzung} \end{cases}$$

BEISPIEL

$F_B = 200 \text{ N}$ bei gewerblicher Nutzung

Diese Kraftgrenzen ermöglichen es 85 % oder 99 % der erwerbstätigen europäischen Bevölkerung im Erwachsenenalter, ohne Überschreitung ihrer körperlichen Fähigkeiten zu arbeiten.

Anhang B (informativ)

Berechnungsverfahren für Alternative 3

B.1 Allgemeines

In 4.2 wird mit Alternative 3 ein Verfahren zur Ermittlung von isometrischen Maximalkräften F_B speziell für den Fall festgelegt, dass Benutzerpopulationen von Maschinen ausreichend gut bekannt sind. Das Berechnungsschema selbst umfasst zwei Hauptschritte, die im Folgenden genauer beschrieben werden:

B.2 Eingabeparameter

B.2.1 Kraft

Das Verfahren benötigt zunächst Verteilungsparameter isometrischer Maximalkräfte. Diese werden bei einer besonderen Referenzgruppe erhoben.

- Referenzgruppe: Frauen zwischen 20 Jahren und 30 Jahren;
- Verteilungsparameter: Mittelwert der Kraft $\bar{F}$ und Standardabweichung σ der Referenzgruppe.

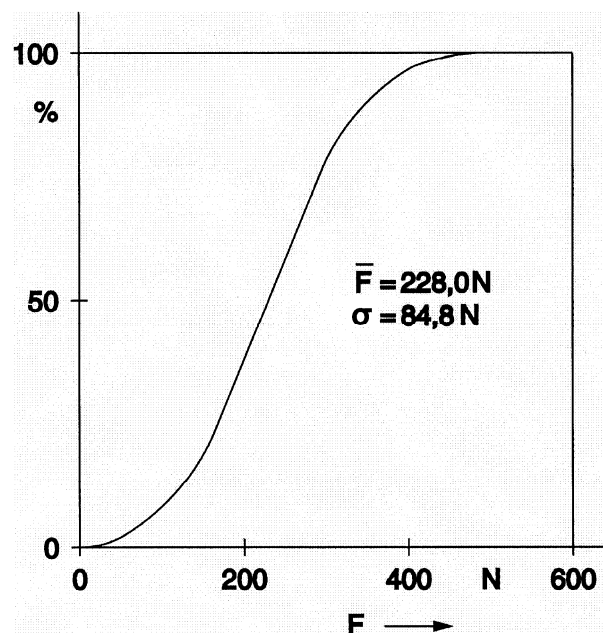
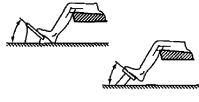


Bild B.1 — Beispiel für Verteilungsparameter

Referenzkräfte sind entweder der Fachliteratur oder der unten stehenden Tabelle B.1 zu entnehmen.

Tabelle B.1 — Musterwerte für die Verteilungsparameter $\bar{F}$ und σ (Referenzgruppe Frauen im Alter zwischen 20 und 30 Jahren)

Tätigkeit		$\bar{F}$ [N]	σ [N]
	Handarbeit (einhändig): Kraftgriff	270,0	54,1
rein↔raus  drücken ↕ ziehen  hoch ↕ runter	Armarbeit (sitzende Haltung, einarmig):		
	— aufwärts	56,0	18,4
	— abwärts	88,0	33,2
	— nach außen	63,5	26,2
	— nach innen	83,4	24,6
	— Schieben:		
	— mit Rumpfabstützung	303,0	81,0
	— ohne Rumpfabstützung	75,5	42,7
	— Ziehen:		
	— mit Rumpfabstützung	242,0	44,9
	— ohne Rumpfabstützung	65,7	33,5
	Ganzkörperarbeit (stehende Haltung):		
	— Schieben	228,0	84,4
	— Ziehen	161,0	45,7
	Pedalarbeit (sitzende Haltung, mit Rumpfabstützung):		
	— Betätigung mit dem Fußgelenk	282,0	96,5
	— Betätigung mit dem Bein	528,5	157,6

ANMERKUNG Näherung: Falls keine Daten für die Referenzgruppe vorliegen, können näherungsweise auch Verteilungsparameter aus Anhang A verwendet werden — erwachsene weibliche Bevölkerung.

B.2.2 Demographisches Benutzerprofil

Weiterhin sollte die avisierte Benutzerpopulation analysiert werden. Diese Analyse bezieht sich auf Untergruppen, die sich nach Alter und Geschlecht folgendermaßen unterscheiden:

Frauen

- n_{f1} : Alter < 20 Jahre;
- n_{f2} : 20 Jahre ≤ Alter ≤ 50 Jahre;
- n_{f3} : Alter > 50 Jahre.

Männer

- n_{m1} : Alter < 20 Jahre;
- n_{m2} : 20 Jahre ≤ Alter ≤ 50 Jahre;
- n_{m3} : Alter > 50 Jahre.

n_{fi} , n_{mi} : prozentuale Anteile der einzelnen Untergruppen innerhalb der jeweiligen Benutzerpopulation

Zur Kontrolle: Die gemeinsame Summe aller n_{fi} und n_{mi} sollte 100 % ergeben.

$$n_{f1} = 1,6 \%$$

$$n_{f2} = 31,6 \%$$

$$n_{f3} = 7,6 \%$$

$$n_{m1} = 2,0 \%$$

$$n_{m2} = 43,8 \%$$

$$n_{m3} = 13,4 \%$$

Beispiel für die Verteilung 12 europäischer Staaten³⁾

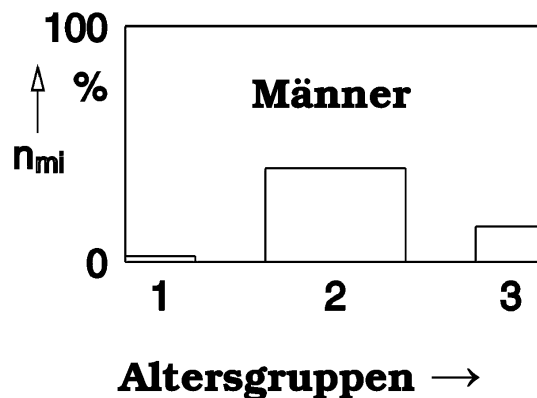


Bild B.2 — Beispiel für demographisches Benutzerprofil

B.3 Verfahren

In einem zweiten Schritt werden nach einem besonderen Verfahren Kraftgrenzen speziell für obige Benutzerpopulationen berechnet. Dieses Verfahren umfasst die folgenden Verarbeitungsschritte:

B.3.1 Synthetische Verteilungsparameter der Untergruppen

Anhand obiger Referenzparameter ($\bar{F}$, σ) und einiger geeigneter Multiplikatoren (α_{xx} , s_{xx}) werden für jede einzelne Untergruppe i Mittelwert und Standardabweichung maximaler Körperkräfte berechnet. Diese Multiplikatoren beschreiben Beziehungen zwischen den Gruppierungen nach Alter und Geschlecht:

Frauen

— Kraft-Mittelwerte: $\bar{F}_{fi} = \bar{F} \times \alpha_{fi}$

— Standardabweichung: $\sigma_{fi} = \sigma \times s_{fi}$

3) Eur 12, Europa der 12 — Erhebung über Arbeitskräfte, Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 1993

Männer

— Kraft-Mittelwerte: $\bar{F}_{mi} = \bar{F} \times \alpha_{mi}$

— Standardabweichung: $\sigma_{mi} = \sigma \times s_{mi}$

Hierin sind

$i = 1 \dots 3$ die Altersgruppen;

α_{xx}, s_{xx} die Multiplikatoren für Untergruppen;

$\bar{F}$ der Mittelwert der Körperkräfte der Referenzgruppe gemäß Schritt B.2.

σ die Standardabweichung der Referenzgruppe gemäß Schritt B.2.

Tabelle B.2 — Beispiel für ein demographisches Benutzerprofil

Altersgruppen	1	2	3
$\bar{F}_{fi}$	172,8	180,0	167,4
σ_{fi}	61,8	60,0	57,6
$\bar{F}_{mi}$	351,0	388,8	306,0
σ_{mi}	94,2	99,0	108,0

Table B.3 — Multiplikatoren für Untergruppen

Mittelwerte α_{xx}				Standardabweichungen s_{xx}			
Altersgruppen	1	2	3	Altersgruppen	1	2	3
Frauen σ_{fi}	0,96	1,00	0,93	Frauen s_{fi}	1,03	1,00	0,96
Männer σ_{mi}	1,95	2,16	1,70	Männer s_{mi}	1,57	1,65	1,81

B.3.2 Logarithmische Verteilungen

In niedrigen Kraftbereichen (z. B. $\bar{F} = 63,5$ N, $\sigma = 26,2$ N) ergibt die angenommene Normalverteilung zunehmend ungenaue Ergebnisse speziell für kleine Perzentilwerte (1 %). In diesem Fall liegen logarithmische Verteilungen näher an der Realität. Eine einfache Transformation führt zu einem neuen Satz logarithmischer Verteilungsparameter:

Frauen:

$$\bar{F}_{fi}^L = \ln(\bar{F}_{fi})$$

$$\sigma_{fi}^L = \ln \frac{\bar{F}_{fi} + \sigma_{fi}}{\bar{F}_{fi}}$$

Männer

$$\bar{F}_{mi}^L = \ln(\bar{F}_{mi})$$

$$\sigma_{mi}^L = \ln \frac{\bar{F}_{mi} + \sigma_{mi}}{\bar{F}_{mi}}$$

Die verbleibenden Berechnungen dieses Verfahrens gelten für die vorstehenden logarithmischen Verteilungsparameter in gleicher Weise wie für lineare Normalverteilungen.

Man ersetze in diesem Fall einfach:

$$\begin{aligned}\overline{F}_{\text{fi}}^{\text{L}} &= \overline{F}_{\text{fi}} & \sigma_{\text{fi}}^{\text{L}} &= \sigma_{\text{fi}} & x^{\text{L}} &= x \\ \overline{F}_{\text{mi}}^{\text{L}} &= \overline{F}_{\text{mi}} & \sigma_{\text{mi}}^{\text{L}} &= \sigma_{\text{mi}}\end{aligned}$$

Dabei sind:

- x die variable Kraft in linearer Darstellung;
- x^{L} die variable Kraft in logarithmischer Darstellung.

B.3.3 Berechnung neuer Verteilungsfunktionen für Untergruppen von Frauen und Männern

Frauen:

$$DF_{\text{fi}}(x) = \frac{1}{\sigma_{\text{fi}} \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-0,5z_{\text{fi}}^2} dz_{\text{fi}}$$

mit

$$z_{\text{fi}} = \frac{x - \overline{F}_{\text{fi}}}{\sigma_{\text{fi}}}$$

Männer:

$$DF_{\text{mi}}(x) = \frac{1}{\sigma_{\text{mi}} \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-0,5z_{\text{mi}}^2} dz_{\text{mi}}$$

mit

$$z_{\text{mi}} = \frac{x - \overline{F}_{\text{mi}}}{\sigma_{\text{mi}}}$$

Bei der Verwendung logarithmischer Verteilungen gilt $x = e^{x^L}$

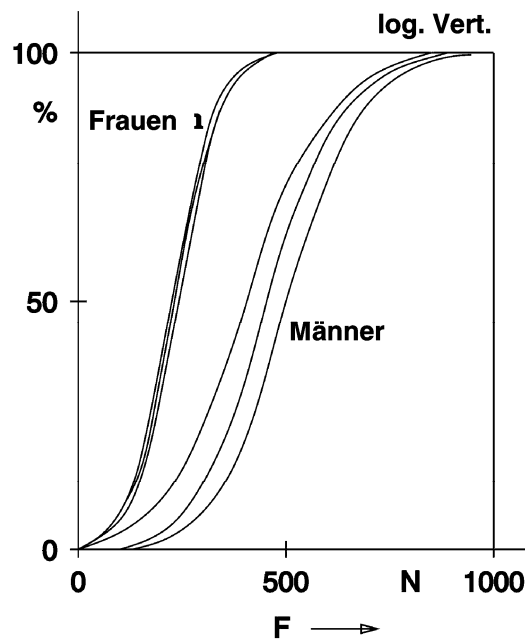


Bild B.3 — Beispiel für Verteilungsfunktionen für Untergruppen von Frauen und Männern

B.3.4 Wichtung und Kombination der Verteilungen aller Untergruppen

$$DF(x) = \sum_j \frac{n_{fi} DF_{fi}(x) + n_{mi} DF_{mi}(x)}{100}$$

Hierin sind:

DF die Verteilungsfunktion;

n_{fi}, n_{mi} die Prozentanteile aller Untergruppen.

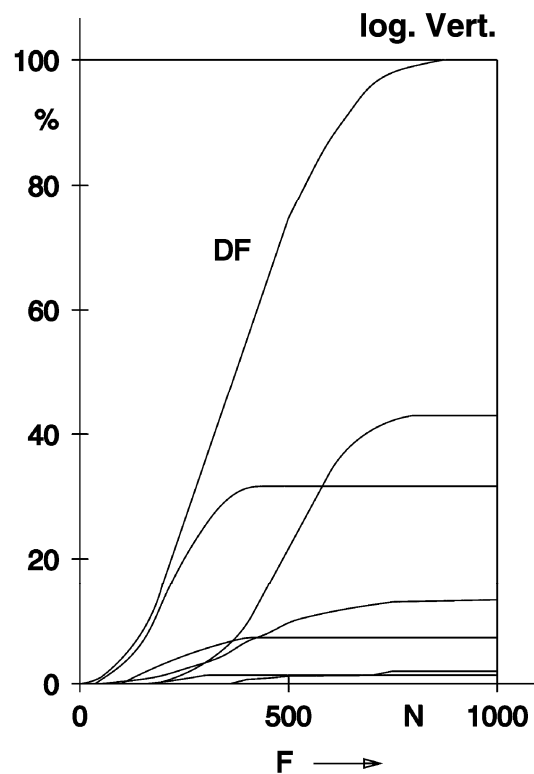


Bild B.4 — Beispiel für Wichtung und Kombination der Verteilungen aller Untergruppen

B.3.5 Berechnung von Perzentilwerten

$DF(x)$ ist die gemeinsame Verteilungsfunktion aller Untergruppen und hängt von der Kraft x ab. Damit können Kraftgrenzen anhand des 15. oder 1. Perzentils von $DF(x)$ bestimmt werden:

$DF(x) = 0,15$ bei gewerblicher Nutzung

$DF(x) = 0,01$ bei häuslichem Gebrauch

→ Kraft x

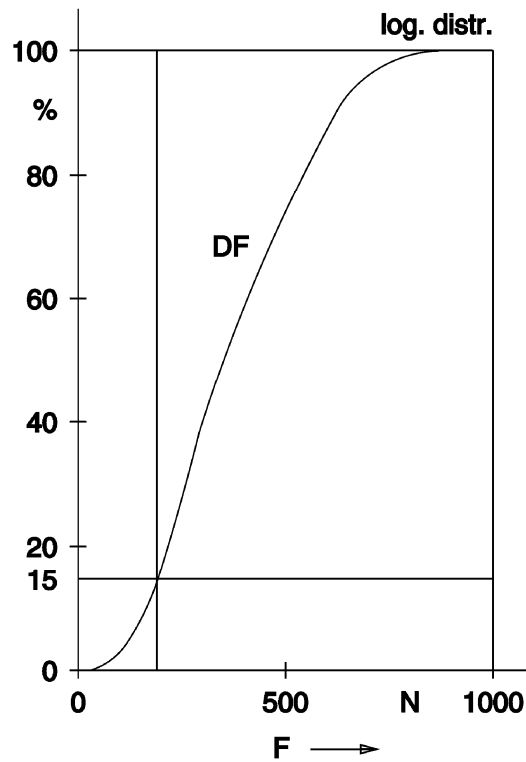


Bild B.5 — Beispiel zur Berechnung von Perzentilwerten

B.4 Ergebnis

Das obige Verfahren ergibt die gesuchte isometrische Maximalkraft F_B mit:

$$F_B = x \quad N$$

Diese Kraftgrenzen ermöglichen es, 85 % oder 99 % der Benutzerpopulation, wie in der Eingangsverteilung angegeben, ohne Überschreitung ihrer körperlichen Fähigkeiten zu arbeiten.

BEISPIEL $F_B = 200,2 \quad N$

Anhang ZA (informativ)

A1 Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 98/37/EG, geändert durch 98/79/EG

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet, um ein Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie nach der neuen Konzeption für Maschinen 98/37/EG, geändert durch 98/79/EG bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften im Rahmen der betreffenden Richtlinie in Bezug genommen und in mindestens einem der Mitgliedstaaten als nationale Norm umgesetzt worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den in Tabelle ZA.1 aufgeführten Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereichs dieser Norm zu der Annahme, dass eine Übereinstimmung mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und der zugehörigen EFTA-Vorschriften gegeben ist.

Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der Richtlinie 98/37/EG, geändert 98/79/EG

Abschnitte/Unterabschnitte dieser Europäischen Norm	Grundlegende Anforderungen der Richtlinie 98/37/EG, geändert 98/79/EG	Erläuterungen/Anmerkungen
Alle Abschnitte	Anhang I: 1.1.2 d), 1.1.5	—

WARNHINWEIS — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EG-Richtlinien anwendbar sein. **A1**

Anhang ZB (informativ)

A₁ Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 2006/42/EG

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet, um ein Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie nach der neuen Konzeption 2006/42/EG bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften im Rahmen der betreffenden Richtlinie in Bezug genommen und in mindestens einem der Mitgliedstaaten als nationale Norm umgesetzt worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den in Tabelle ZB.1 aufgeführten Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereichs dieser Norm zu der Annahme, dass eine Übereinstimmung mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und der zugehörigen EFTA-Vorschriften gegeben ist.

Tabelle ZB.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der Richtlinie 2006/42/EG

Abschnitte/Unterabschnitte dieser Europäischen Norm	Grundlegende Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG	Erläuterungen/Anmerkungen
Alle Abschnitte	Anhang I: 1.1.5, 1.1.6	—

WARNHINWEIS — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EG-Richtlinien anwendbar sein. **A₁**

Literaturhinweise

- [1] EN 292-1, *Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie.*
- [2] EN 292-2:1991, *Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 2: Technische Leitsätze und Spezifikationen.*
- [3] EN 614-2, *Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Gestaltungsgrundsätze — Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben.*
- [4] EN 894-3, *Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen — Teil 3: Stellteile.*
- [5] prEN 1005-2¹⁾, *Sicherheit von Maschinen — Menschliche körperliche Leistung — Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen.*
- [6] prEN 1005-4¹⁾, *Sicherheit von Maschinen — Menschliche körperliche Leistung — Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen.*
- [7] prEN 1005-5¹⁾, *Sicherheit von Maschinen — Menschliche körperliche Leistung — Teil 5: Risikobewertung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen.*
- [8] EN 1050, *Sicherheit von Maschinen — Leitsätze zur Risikobeurteilung.*
- [9] Björkstén M., Jonsson B.: *Endurance limit of force in long-term intermittent static contractions*, Scand J Work, Environm & Health 3: 23–27, 1977.
- [10] Byström S.: *Physiological response and acceptability of isometric intermittent handgrip contractions*, Doctoral thesis, National Institute of Occupational Health, Stockholm, 1991.
- [11] Caldwell L. S., Chaffin D. B., Dukes-Dobos F. N., Kroemer K. H. E., Laubach L. L.: *A proposed standard procedure for static muscle strength testing*, Am Ind Hyg Ass J, April, 201–206, 1974.
- [12] Dul J., Douwes M., Smitt P.: *Ergonomic guidelines for the prevention of discomfort of static postures based on endurance data*, Ergonomics 37, 807–815, 1994.
- [13] Hagberg M.: *Muscular endurance and surface electromyogram in isometric and dynamic exercise*, J Appl Physiol 51, 1–7, 1981.
- [14] Jonsson B.: *Muscular fatigue and endurance — basic research and ergonomic applications*, In: Neural and mechanical control of movement, M. Kumamoto (Ed.), Yamaguchi Shoten, 64–76, Kyoto, 1984.
- [15] Jørgensen K., Fallentin N., Kroch-lund C., Jensen B.: *Electromyography and fatigue during prolonged, low-level static contractions*, Eur J Appl Physiol 57, 316–321, 1988.
- [16] Mathiassen S. E.: *The influence of exercise/rest schedule on the physiological and psychophysical response to isometric shoulder-neck exercise*, Eur J Appl Physiol 67, 528–539, 1993.
- [17] Mital A.: *Preliminary guidelines for designing one-handed material handling tasks*, J Occup Accidents 4, 33–44, 1985.
- [18] Norme Française, *Ergonomics — Recommended force limits for work*, NF X 35–106, 1985.

- [19] Rohmert W., Berg K., Bruder R., Schaub K.: *Kräfteatlas*, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin, Berlin, 1994.
- [20] Rühmann H., Schmidtke H.: *Körperkräfte des Menschen*, O. Schmidt KG, Köln, 1992.
- [21] Schaefer, P., Rudolph, W., Schwarz, W.: *Variable force limits for optional target populations — a new approach realized in CEN-standardization*, Proceedings of the 13th IEA, Tampere, vol. 4, 533–535, 1997.
- [22] Sjøgaard G.: *Intramuscular changes during long-term contraction*. In: The ergonomics of working postures, N. Corlett, J. Wilson, I. Manenica (Eds.), Taylor & Francis, 136–143, London, 1986.
- [23] Snook S. H.: *The design of manual handling tasks*, Ergonomics 21, 1978.
- [24] Thöne D.: *Entwicklung einer Methode zur Bestimmung der optimalen Arbeitsgeschwindigkeit*, Arbeitswissenschaft und Praxis 15, 1970.
- [25] Åstrand P.-O., Rodahl K.: *Textbook of work physiology*, McGraw-Hill, New York, 1986.
- [26] Eur 12, *Europa der 12 — Erhebung über Arbeitskräfte*, Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 1993.