

Gesundheitsgefährdung,
gesetzliche Regelungen,
Meßmethoden,
Beurteilungskriterien und
Beurteilungsverfahren

Leitfaden für die Beurteilung von

Hebe- Trage- und tätigkeiten



HVBG
Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Leitfaden für die Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

Gesundheitsgefährdung,
gesetzliche Regelungen,
Meßmethoden, Beurteilungskriterien
und Beurteilungsverfahren



HVBG

Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Verfasser: Olaf Bongwald
Alwin Luttmann
Wolfgang Laurig
Institut für Arbeitsphysiologie
an der Universität Dortmund, Abteilung Ergonomie
(Direktor: Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Wolfgang Laurig
Ardeystraße 67, 44139 Dortmund

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen
Berufsgenossenschaften (HVBG)
Alte Heerstraße 111, 53754 Sankt Augustin
Tel.: 0 22 41 / 2 31 - 01
Fax: 0 22 41 / 2 31 - 3 33
— Dezember 1995 —

Satz und Layout: HVBG, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Druck: Druckerei Plump KG, Rheinbreitbach

ISBN: 3-88383-365-7

Kurzfassung

Ein vorrangiges Ziel der Gestaltung menschlicher Arbeit nach ergonomischen Erkenntnissen ist die Prävention. Präventive Arbeitsgestaltung bedeutet Schutz des Menschen vor tätigkeitsbedingten gesundheitlichen Beeinträchtigungen und Schädigungen sowie die Erhaltung seiner Leistungsfähigkeit. Ausgangspunkt für präventive Maßnahmen sollte eine Analyse der Gesundheitsgefährdung durch die Ausübung einer Tätigkeit sein. In der Literatur sind zahlreiche Verfahren beschrieben, die auf der Basis unterschiedlicher Kriterien Hebe- und Tragetätigkeiten analysieren und bezüglich der resultierenden Gesundheitsgefährdung beurteilen. Dabei handelt es sich einerseits um Verfahren, die ein einzelnes Kriterium zur Beurteilung der Tätigkeit heranziehen, andererseits sind aber auch Verfahren bekannt, bei denen die Beurteilung einer Tätigkeit auf mehreren Kriterien basiert.

Der vorliegende „Leitfaden für die Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten“

entstand im Rahmen einer vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften angeregten und finanziell geförderten Studie. In diesem Leitfaden wird die Gefährdung der Gesundheit durch Hebe- und Tragetätigkeiten anhand ausgewählter epidemiologischer Studien aus dem europäischen und dem asiatischen Raum aufgezeigt. Weiterhin werden die wesentlichen Gesetze, Verordnungen und Richtlinien zu diesem Thema erläutert und kommentiert. Die relevanten Meßmethoden für die Ermittlung der bei der Lastenmanipulation auftretenden Belastung und Beanspruchung werden dargestellt und die daraus ableitbaren Beurteilungskriterien erklärt. In einer ausführlichen Zusammenstellung werden die angeführten Verfahren zur Bewertung und Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten so beschrieben, daß sie für eine mögliche Anwendung in der betrieblichen Praxis genutzt werden können. In einer vergleichenden Diskussion werden die Verfahren anhand ausgewählter Kriterien gegenübergestellt.

Abstract

One of the most important aims in designing work in accordance with ergonomic findings is prevention. Designing tasks in a preventative manner means protecting workers from work-related pain and discomfort or specific injuries, as well as retaining their ability to carry out their work. The starting point for preventative measures should be an analysis of the danger to health posed by carrying out a particular activity. Numerous procedures are described in the literature on this subject based on the analysis of lifting and carrying activities using various criteria to arrive at an assessment of the resulting danger to health. These are two kinds of procedures: those which take into account one single criterion in the assessing of activities and others which base the assessment of a particular activity on several criteria.

The following "Guide to the Assessment of Lifting and Carrying Activities" has

been published within the framework of a study which was initiated and financially supported by the Central Federation of the Industrial Berufsgenossenschaften. The introductory guide uses selected epidemiological studies carried out in Europe and Asia to demonstrate the danger posed to health by lifting and carrying activities. In addition, the most important of the relevant laws, regulations and directives are cited and commented on. The relevant measuring methods for the investigation of the strain and demands placed on workers who handle heavy loads are described and the assessment criteria which can be derived from these explained. In a comprehensive summary, the procedures cited for the evaluation and assessment of lifting and carrying activities are described in such a way as to enable them to be applied in professional life. In a comparative discussion the procedures are then contrasted with one another on the basis of selected criteria.

Résumé

La prévention est un objectif prioritaire pour l'organisation du travail humain en fonction des connaissances ergonomiques. L'organisation préventive du travail est synonyme de protection des personnes contre des altérations et des dommages de leur santé suite à leur activité, ainsi que de maintien de leurs moyens physiques. Le point de départ de mesures préventives devrait être une analyse des dangers pour la santé dus à l'exercice d'une activité. La littérature décrit de nombreux procédés d'analyse d'activités de levage et de portage sur la base de différents critères, qui permettent d'évaluer le danger qui en résulte pour la santé. Il s'agit là d'une part de procédés qui font appel à un seul critère pour l'évaluation de l'activité, mais, d'autre part, on connaît également des procédés où l'évaluation d'une activité est basée sur plusieurs critères.

Ce «Guide d'évaluation des activités de levage et de portage» a été rédigé

dans le cadre d'une étude effectuée à l'initiative et avec l'aide financière de la fédération centrale des Berufsgenossenschaften de l'industrie. Il montre les dangers que les activités de levage et de portage font courir à la santé grâce à des études épidémiologiques sélectionnées qui ont été effectuées en Europe et en Asie. De plus, les lois, les décrets et les directives essentiels sur ce thème sont expliqués et commentés. Les méthodes de mesure importantes pour la détermination de la charge et de la sollicitation dus à la manipulation de poids élevés sont présentées et les critères d'évaluation qui peuvent en être dérivés sont expliqués. Dans un résumé détaillé, les procédés d'appréciation et d'évaluation des activités de levage et de portage mentionnés sont décrits de manière à pouvoir être utilisés dans la pratique par les entreprises. Dans une discussion, les procédés sont comparés à l'aide de critères sélectionnés.

Resumen

La prevención es un objetivo primordial en la estructuración y definición de la actividad laboral de los seres humanos según los conocimientos de la ergonomía. La definición de un puesto de trabajo en consideración del aspecto de la prevención significa proteger a los seres humanos de las influencias negativas y los daños de la salud que pudieran resultar de la actividad laboral realizada, así como también la conservación de la capacidad de trabajo de la persona. La base de las medidas de prevención debe ser siempre un análisis de los riesgos para la salud que pudieran generarse de una determinada actividad laboral. En la literatura se describen numerosos procedimientos que analizan, según diversos criterios, las actividades laborales en las que se levantan y transportan cargas pesadas, evaluando los respectivos riesgos para la salud. En algunos casos se trata de procedimientos que consideran un solo criterio para la evaluación de la actividad laboral. En otros casos, no obstante, los procedimientos para la evaluación de una actividad laboral se fundamentan en varios criterios diferentes.

La presente «Guía para la evaluación de actividades laborales de carga» tuvo su origen en el marco de un estudio sugerido y fomentado económicamente por la Asociación General de las Berufsgenossenschaften. En la mencionada guía se representa, con fundamento en diferentes estudios epidemiológicos seleccionados tanto de Europa como de Asia, el riesgo que existe para la salud proveniente de las tareas de levantar y transportar cargas pesadas. Además se describen y comentan las principales leyes, reglamentos y directivas que existen en torno a esta temática. Se indican los métodos de medición relevantes para la determinación de las influencias y los daños de la salud provenientes de actividades de carga y se explican los resultantes criterios de evaluación. En el marco de un amplio resumen se describen los mencionados procedimientos para la determinación y evaluación de las actividades de carga de tal forma que los mismos puedan ser aplicados en las empresas a nivel práctico. En el marco de una discusión se comparan los procedimientos según una serie de diferentes criterios seleccionados.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Einleitung 11
1.1	Problemstellung 11
1.2	Zielsetzung und Vorgehensweise 13
2	Belastungs-Beanspruchungs-Konzept für das Heben und Tragen von Lasten 15
3	Ausgewählte Studien zu tätigkeitsbedingten Belastungen 17
4	Gefährdung durch das Heben und Tragen von Lasten 21
4.1	Gefährdung des Herz-Kreislauf-Systems 21
4.2	Gefährdung des Muskuloskelettal-Systems 21
4.3	Gynäkologische Gefährdung 23
5	Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes 27
5.1	Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter (Mutterschutzgesetz – MuSchG) 28
5.2	Unfallverhütungsvorschrift „Forsten“ (GUV 1.13) 28
5.3	Unfallverhütungsvorschrift „Müllbeseitigung“ (VBG 126, 1993) 29
5.4	Unfallverhütungsvorschrift „Fleischereimaschinen“ (VBG 19, 1993) 29
5.5	Empfehlungen des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung (BMA) 30
5.6	Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften 90/269/EWG 31
5.7	Berufskrankheiten-Verordnung 32
5.8	Weitere Richtlinien und Empfehlungen 35

Inhaltsverzeichnis

	Seite
6	Methoden zur Erfassung von Kenngrößen der Belastung und Beanspruchung 39
6.1	Reaktionen des Herz-Kreislauf-Systems 39
6.1.1	Elektrokardiogramm (EKG) 40
6.1.2	Blutdruck 42
6.2	Energieumsatz — Arbeitsenergieumsatz 42
6.3	Körpertemperatur 45
6.4	Reaktionen der Muskulatur 45
6.4.1	Elektromyogramm (EMG) 46
6.4.2	Maximalkraft 48
6.4.3	Ausdauer 50
6.5	Intraabdominaldruck 50
7	Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten 53
7.1	Energetische und kardiopulmonale Kriterien 53
7.1.1	Dauerleistungsgrenze 53
7.1.1.1	Dauerleistungsgrenze auf Basis der Pulsfrequenz 54
7.1.1.2	Dauerleistungsgrenze auf Basis der individuellen maximal möglichen Sauerstoffaufnahme 55
7.1.1.3	Dauerleistungsgrenze auf Basis des Energieumsatzes 55
7.1.2	Körperkerntemperatur 56
7.2	Muskuläre Kriterien 57
7.2.1	Maximale Tätigkeitsdauer 58
7.2.2	Maximalkraft 61
7.2.3	Haltdauer 62
7.3	Skelettale Kriterien 65
7.3.1	Kompressionsfestigkeit der Wirbelsäule 67
7.3.2	Klassifikation von Momentenwerten 68
7.3.3	Intraabdominaldruck 69
7.4	Psychophysikalische Kriterien 70

	Seite
8	Bewertungs- und Beurteilungsverfahren 71
8.1	Energieumsatz — Arbeitsenergieumsatz 72
8.1.1	Tafelwerte 72
8.1.2	Schätzverfahren 77
8.1.3	Berechnungsverfahren 81
8.1.3.1	Transportformel von Spitzer und Hettinger 81
8.1.3.2	Erweiterung der Transportformel 81
8.1.3.3	Modifiziertes Verfahren nach Garg et al. 82
8.1.3.4	Erweiterung des Garg-Verfahrens zum Heben von Lasten 84
8.2	Biomechanische Modellrechnungen zur Ermittlung der Belastung der Wirbelsäule 85
8.2.1	Entwicklung biomechanischer Modelle 86
8.2.2	Biomechanisches Modell: „Der Dortmunder“ 87
8.3	Psychophysikalische Verfahren 97
8.3.1	Empfohlene maximale Lasten nach Ayoub et al. 99
8.3.2	Maximal akzeptierte Lasten nach Snook und Ciriello 99
8.4	Verfahren nach Davis und Stubbs 118
8.5	OWAS-Verfahren zur Analyse und Bewertung von Körperhaltungen 129
8.5.1	Basis-OWAS-Methode 130
8.5.2	Computerunterstützte OWAS-Methode — COWAS 136
8.6	Verfahren zur Ermittlung einer kumulierten Wirbelsäulenbelastung . . . 138
8.6.1	„Dosisansatz“ nach Pangert und Hartmann 139
8.6.2	Feststellungsverfahren nach Hartung und Dupuis 140
8.7	Kombinationsverfahren 144
8.7.1	NIOSH-Verfahren von 1981 145
8.7.2	NIOSH-Verfahren von 1991 150

Inhaltsverzeichnis

	Seite
8.7.3	Verfahren nach Entwurf ISO/CD 10228 für Hebe- und Tragetätigkeiten 156
8.7.3.1	Bestimmung von Grenzlasten für das Heben 157
8.7.3.2	Verfahren zur Beurteilung von Tragetätigkeiten 159
8.7.4	BOSCH-Verfahren 159
8.7.5	REFA-Verfahren 163
8.7.6	Tafelwerte und Korrekturfaktoren von Mital et al. 171
8.7.7	ErgonLIFT 182
8.8	Wissensbasiertes System: „ErgonEXPERT“ 187
9	Gegenüberstellung der Verfahren 195
9.1	Berücksichtigte Beurteilungskriterien 197
9.2	Personenbezogene Kriterien 197
9.3	Tätigkeitsbezogene Kriterien 200
9.4	Berücksichtigung von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes 200
9.5	Verfahrensspezifische Besonderheiten 201
10	Zusammenfassung und Ausblick 205
11	Literatur 207
11.1	Verwendete Literatur 207
11.2	Weiterführende Literatur 227
12	Sachverzeichnis 245

Einleitung

Eine der wichtigsten Aufgaben bei der Gestaltung menschlicher Arbeit nach ergonomischen Erkenntnissen ist die gesundheitliche Prävention. Ziel einer präventiven Arbeitsgestaltung ist der Schutz des Menschen vor gesundheitlichen Schädigungen durch die Ausübung beruflicher Tätigkeiten und somit die Erhaltung seiner Leistungsfähigkeit.

Eine Betrachtung der jährlichen krankheitsbedingten Fehlzeiten von Pflichtmitgliedern der Betriebskrankenkassen macht die Erforderlichkeit der präventiven Arbeitsgestaltung deutlich. Eine Statistik des Bundesverbandes der Betriebskrankenkassen (BKK, 1993) zeigt, daß 1992 im Durchschnitt pro Pflichtmitglied ca. 22 krankheitsbedingte Fehltag in Westdeutschland und ca. 15 krankheitsbedingte Fehltag in Ostdeutschland anfielen. Die häufigsten Gründe für das Fehlen am Arbeitsplatz waren dabei in Ostdeutschland Erkrankungen der Atemwege (ca. 23 %), Muskel- und Skeletterkrankungen (ca. 17 %) sowie Verletzungen und Vergiftungen (ca. 14 %). In Westdeutschland hingegen waren Muskel- und Skeletterkrankungen mit ca. 33 % die mit Abstand häufigste Ursache für Fehltag, gefolgt von Atemwegserkrankungen (ca. 17 %) sowie Verletzungen und Vergiftungen (ca. 13 %) (Abbildung 1, siehe Seite 12).

Neben der Verfolgung des humanitären Ziels des Gesundheitsschutzes für den einzelnen birgt die Prävention auch ein erhebliches Potential der Kosteneinsparung. Durch die hohen krankheitsbedingten Fehlzeiten entstehen erhebliche volkswirtschaftliche Kosten, die es möglichst zu vermeiden gilt.

Die hohe Prävalenz von Wirbelsäulenerkrankungen und Rheumatismus macht deutlich, daß besonders zur Vermeidung dieser Erkrankungen Handlungsbedarf für eine präventive Arbeitsgestaltung besteht. Vor allem die Tatsache, daß die Behandlungsdauer für Muskel- und Skeletterkrankungen im Durchschnitt höher liegt als beispielsweise für Herz-Kreislauf- oder Verdauungserkrankungen (BKK, 1993) macht die Kostenintensität solcher Krankheiten weiter deutlich.

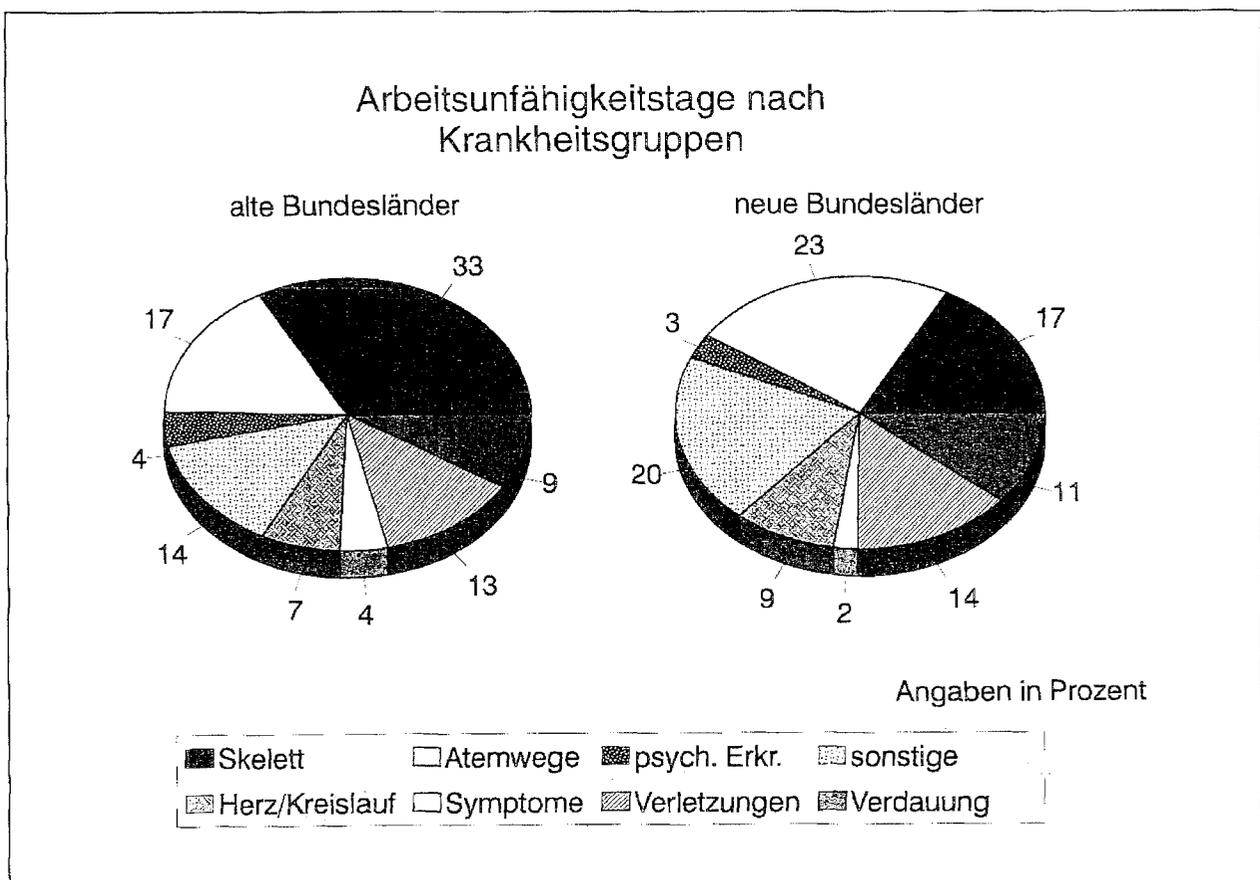
Der Schutz des arbeitenden Menschen und die Vermeidung krankheitsbedingter Fehltag durch präventive Arbeitsgestaltung findet demnach ein breites Interesse, da sich sowohl für betroffene und gefährdete Einzelpersonen als auch für Versicherungsträger und somit für die gesamte Volkswirtschaft ein erheblicher Nutzen ableiten läßt.

1.1 Problemstellung

Wie im vorherigen Absatz beschrieben, zählen Erkrankungen des Muskel- und

Einleitung

Abbildung 1:
Anteil krankheitsbedingter Fehltage je 100 Pflichtmitglieder in West- und Ostdeutschland nach Angaben der Betriebskrankenkassen 1992 (nach BKK, 1993)



Skelettsystems zu den am häufigsten genannten Gründen für krankheitsbedingte Fehlzeiten im betrieblichen Alltag. Als „tätigkeitsspezifischer Risikofaktor“ für eine Schädigung der Wirbelsäule wird das Heben und Tragen schwerer Lasten vermutet (Laurig et al., 1985); diese Vermutung wird durch zahlreiche epidemiologische Untersuchungen wie z.B.

von Chaffin und Park (1973); Junghanns (1979); Hettinger (1985 a, b) oder Luttmann et al. (1988 a) bestätigt (siehe auch Kapitel 3). Die Tätigkeit des Hebens und des Tragens von Lasten ist trotz der in den letzten Jahrzehnten vorangetriebenen Mechanisierungs- und Automatisierungsbestrebungen fester Bestandteil der Tätigkeitsbilder vieler Be-

rufsgruppen. Das Heben und Tragen von Lasten fällt vor allem in folgenden Tätigkeitsfeldern an (Bolm-Audorff, 1993):

- Be- und Entladetätigkeiten im inner- und außerbetrieblichen Transport
- Tätigkeiten im Bauhaupt- und -neben-gewerbe
- Bergbau
- Krankenpflege und -transport
- Land- und Forstwirtschaft

Epidemiologische Untersuchungen machen deutlich, daß in diesen Tätigkeitsfeldern Wirbelsäulenbeschwerden und -schädigungen in stärkerem Maße vorkommen als in entsprechenden Vergleichs- oder Kontrollgruppen, bei denen das Heben und Tragen von Lasten nicht zum beruflichen Tätigkeitsbild gehört.

Diesem durch die epidemiologischen Studien dokumentierten Wissen über ein erhöhtes Gesundheitsrisiko bei der Lastenmanipulation wurde auch beim Gesetzgeber Rechnung getragen, so daß durch eine Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung (Zweite Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung, 1992) unter bestimmten Voraussetzungen Schädigungen der Lenden- oder der Halswirbelsäule als Berufskrankheit (BK 2108 und BK 2109)

anerkannt werden können (siehe Abschnitt 5.7).

Die Tatsache, daß die Berufskrankheiten-Verordnung bezüglich Wirbelsäulenerkrankungen durch Heben und Tragen von Lasten erweitert worden ist, zeigt, welche Problematik Berufe mit hohem Anteil dieser Tätigkeiten mit sich bringen. Es ist Aufgabe der Forschung, weitere Erkenntnisse zu sammeln und Beurteilungsverfahren zu entwickeln, um den Menschen bei der Ausübung beruflicher Tätigkeiten vor gesundheitlichen Schäden zu schützen und somit die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und das Risiko einer Berufskrankheit zu reduzieren.

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Ein Ziel des Leitfadens ist es, den Kenntnisstand über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer bei der manuellen Handhabung von Lasten zu dokumentieren. Diese Dokumentation soll dazu dienen, die Beurteilung von Schadensfällen gemäß der BK 2108 und BK 2109 zu verbessern. Des Weiteren sollen Werkzeuge zur präventiven Arbeitsgestaltung vorgestellt und in einer für die praktische Anwendung nutzbaren Form bereitgestellt werden.

Einleitung

Einleitend wird das manuelle Handhaben von Lasten auf Basis des in der Ergonomie und der Arbeitsmedizin häufig angewendeten Belastungs-Beanspruchungs-Modells beschrieben. Im darauffolgenden Teil werden Studien zur Ermittlung der Belastung sowie mögliche Schädigungen durch das Heben und Tragen von Lasten dargestellt und Regelungen und Empfehlungen des normativen öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes

genannt. Im Hauptteil der Arbeit werden meßtechnische Erfassungsmethoden und Beurteilungskriterien für Hebe- und Tragetätigkeiten, die neben der Belastung der Wirbelsäule auch die Belastung anderer Organe berücksichtigen, beschrieben. Des weiteren werden bestehende Verfahren zur Bewertung und Beurteilung von Tätigkeiten der manuellen Handhabung von Lasten vorgestellt und einander gegenübergestellt.

2 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept für das Heben und Tragen von Lasten

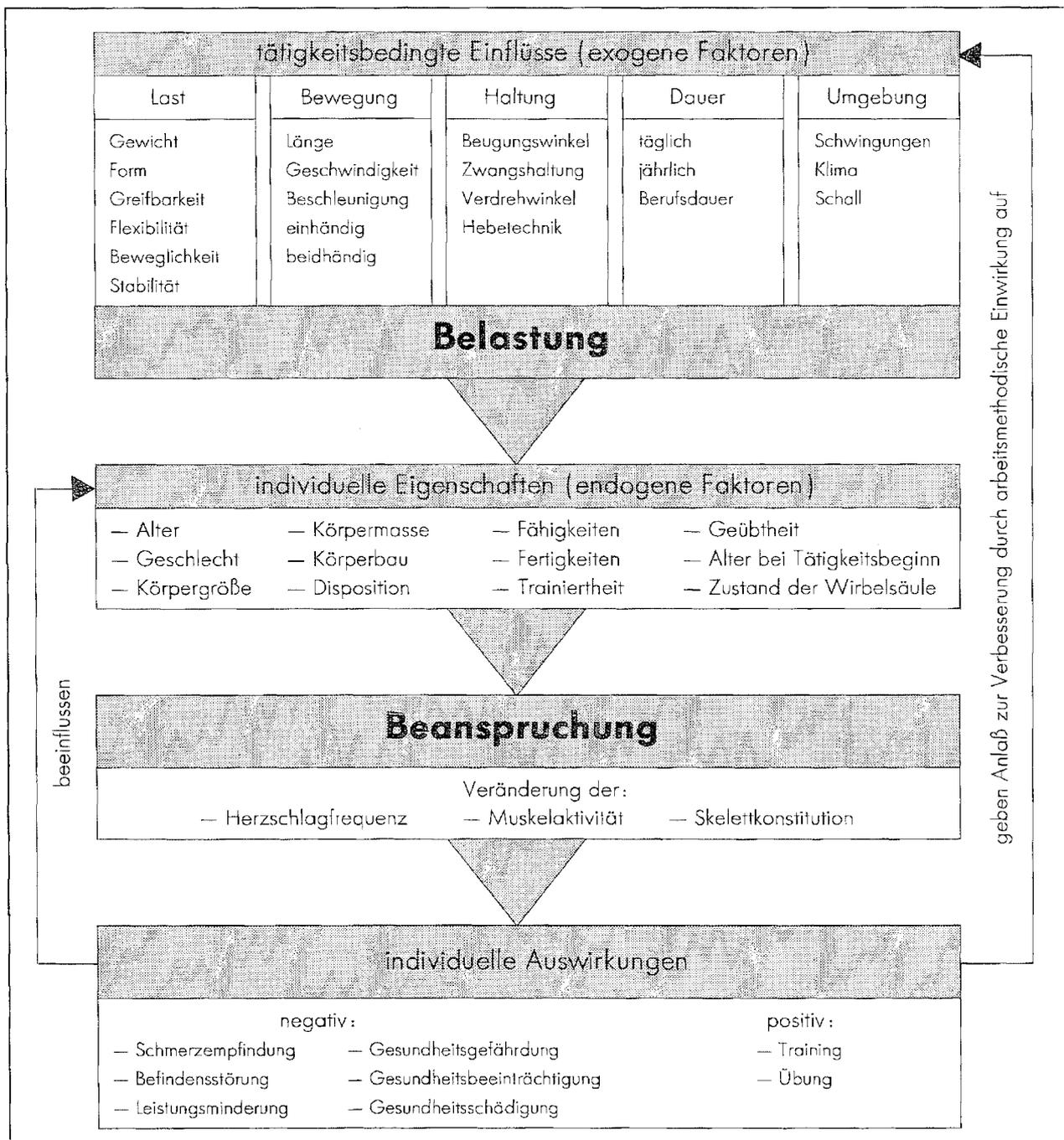
In der Ergonomie, der Arbeitsphysiologie und der Arbeitsmedizin hat es sich als sinnvoll erwiesen, Tätigkeiten anhand des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts zu beschreiben (Valentin et al., 1971; Rohmert, 1974; Rohmert, 1984; Laurig, 1992). Der Vorteil eines solchen Konzepts gegenüber der Beschreibung des Arbeitssystems (Rohmert, 1974; REFA, 1984; DIN V ENV 26385, 1990) liegt darin, daß im Belastungs-Beanspruchungs-Modell die menschlichen Eigenschaften sowie deren Unterschiede und Veränderungen berücksichtigt werden. Es werden Faktoren, die die Arbeitsbedingungen bestimmen (exogene Faktoren), beschrieben und daraus die Belastung bestimmt. Die Belastung führt dann in Abhängigkeit von individuellen menschlichen Eigenschaften (endogene Faktoren) zur Beanspruchung. Diese Beanspruchung macht sich in individuellen Auswirkungen auf den Menschen deutlich.

Bezogen auf die Tätigkeit des Hebens und Tragens von Lasten sind entscheidende exogene Faktoren, beispielsweise die Masse der zu hebenden Last und die Häufigkeit der Lastenmanipulation. Hinzu kommen jedoch weitere äußere

Einwirkungen, die berücksichtigt werden müssen (siehe Abbildung 2 auf Seite 16). Bei den endogenen Faktoren sind das Alter und das Geschlecht der ausführenden Person von besonderer Bedeutung; aber auch hier gibt es eine Reihe weiterer wichtiger Einflußgrößen, die ebenfalls aus dem in Abbildung 2 dargestellten Modell zu entnehmen sind. Die aus den genannten Faktoren resultierende Beanspruchung läßt sich beispielsweise an der Veränderung der Herzschlagfrequenz, der Erhöhung der Muskelaktivität oder an skelettalen Veränderungen erfassen. Die Auswirkungen der Beanspruchung auf den Menschen sind individuell verschieden und können sowohl negativer (z.B. Rückenschmerzen) als auch positiver (z.B. Trainingsgewinn) Art sein. Es zeigt sich demnach, daß diese Auswirkungen einen Einfluß auf die individuellen Eigenschaften nehmen können (rückführender Pfeil zu „individuellen Eigenschaften“); sie können jedoch auch der Anlaß für eine methodische Neu- oder Umgestaltung der Arbeitsbedingungen sein, indem Unzulänglichkeiten, die zu schädigenden Auswirkungen geführt haben, beseitigt werden (rückführender Pfeil zu „exogenen Faktoren“).

2 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept für das Heben und Tragen von Lasten

Abbildung 2:
Belastungs-Beanspruchungs-Modell für das Heben und Tragen von Lasten



3 Ausgewählte Studien zu tätigkeitsbedingten Belastungen

Die tätigkeitsbedingte Belastung durch das Heben und Tragen schwerer Lasten und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen wurde in der Vergangenheit in zahlreichen Studien untersucht. Ausführliche Zusammenstellungen epidemiologischer Untersuchungen wurden beispielsweise von Chaffin und Park (1973); Junghanns (1979); Hettinger (1985 a und b); Luttmann et al. (1988 a) oder Bolm-Audorff (1992 und 1993) erstellt. Diese Zusammenstellungen umfassen weit über 100 Untersuchungen aus dem In- und Ausland bezüglich Beschwerden und Schädigungen der Wirbelsäule durch das Heben und Tragen von Lasten. Hierbei wurden Studien über Transportarbeiter, Bauarbeiter, Bergleute, Landwirte, Fischer, Waldarbeiter, Metallarbeiter und Pflegebedienstete sowie einige nicht bestimmten Berufsgruppen zugeordnete Tätigkeiten beschrieben. Die meisten dieser epidemiologischen Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, daß die Häufigkeit von Beschwerden und Schädigungen bei den untersuchten Berufsgruppen höher ist als in den zum Vergleich herangezogenen Vergleichs- oder Kontrollgruppen.

In der folgenden Literaturzusammenstellung werden fünf Studien zur Belastung und Beanspruchung von Menschen bei der Ausübung beruflicher Tätigkeiten, die mit der Handhabung von Lasten verbunden sind, beschrieben. Anhand dieser

Studien soll exemplarisch die Wirkung tätigkeitsbedingter Belastungen auf den Menschen gezeigt werden. Dabei werden auch Untersuchungen beschrieben, die in dem sonst in diesem Zusammenhang wenig beachteten asiatischen Raum durchgeführt wurden. Die Befunde aus diesem Bereich sind insofern von Bedeutung, als in den meisten Ländern Ostasiens die Mechanisierung und Automatisierung der Hebe- und Tragetätigkeiten noch sehr gering ist.

In einer Studie im Auftrag der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege in Hamburg wurden Untersuchungen „Zur Belastung und Beanspruchung der Wirbelsäule bei Beschäftigten im Gesundheitsdienst“ durchgeführt (Stößel et al., 1990). Grundlage dieser Untersuchung war eine ausführliche Literaturrecherche zum gleichen Themengebiet. Hierbei wurden 58 Studien aus dem In- und Ausland aufgeführt und diskutiert. In einer von den Autoren durchgeführten Pilotstudie wurden Auftrittshäufigkeiten von Lendenwirbelsäulenbeschwerden bei unterschiedlichen Ausbildungsgruppen im Gesundheitsdienst untersucht. Hierbei wurde deutlich, daß die Auszubildenden im Krankenpflegebereich die höchste Rate an Wirbelsäulenbeschwerden (ca. 58 %) und die höchste Rate an Krankschreibungen aufgrund von Wirbelsäulenbeschwerden aufwiesen. Die geringste

3 Ausgewählte Studien zu tätigkeitsbedingten Belastungen

Beschwerdenhäufigkeit wies die Gruppe der Auszubildenden im Bereich Krankengymnastik (ca. 19 %) auf.

Der Arbeitsmedizinische Dienst der Bau-Berufsgenossenschaft Frankfurt hat in einer breit angelegten Studie die Berufsgruppe der Fliesen-, Platten- und Mosaikleger untersucht (Adelmann et al., 1994). Hierbei wurde nicht nur die Belastung der Wirbelsäule, sondern darüber hinaus auch eine Analyse weiterer Belastungsfaktoren vorgenommen. Die Analyse der Belastung durch das Heben und Tragen von Lasten ergab, daß eine erhöhte Beschwerdenhäufigkeit durch die Ausübung dieser Tätigkeit bei der untersuchten Berufsgruppe nicht zu erwarten sei. Die manuell bewegten Massen lagen bei diesen Tätigkeiten im Bereich von 10 kg. Statt dessen ergab eine Körperhaltungsanalyse, daß eine erhöhte Beschwerdenhäufigkeit eher durch ungünstige Körperhaltungen während der Ausführungen der Tätigkeiten zu erwarten sei.

In einer Studie in einem chinesischen Automobilwerk wurde von Yang (1993) muskuläre und skelettale Beschwerden der Mitarbeiter unterschiedlicher Tätigkeitsbereiche erfaßt. Die Untersuchung erfolgte an 419 Beschäftigten der Bereiche Preßwerk, Motormontage, Fahrzeugmontage und Büro. Es zeigte sich, daß die Häufigkeit von Muskel- und Ske-

lettbeschwerden mit dem Vorhandensein von Hebe- und Schiebetätigkeiten anstieg. Weiterhin wurde eine erhöhte Prävalenz von Beschwerden durch ungünstige Körperhaltungen bei der Ausübung von Tätigkeiten begründet. Die am stärksten belastende Tätigkeit war die Arbeit am Preßwerk, die am geringsten belastenden Tätigkeiten mit der gleichzeitig geringsten Prävalenz von Beschwerden waren Büroarbeiten. Am häufigsten traten Beschwerden im Lumbalbereich der Wirbelsäule auf, gefolgt von Beschwerden an den Händen und im Bereich der Brustwirbelsäule.

Aus einer vom Institute for Science of Labour in Japan durchgeführten Untersuchung an 1122 Müllwerkern ergibt sich, daß 539 (52 %) der Befragten an Rückenbeschwerden litten (Kawakami, 1994). Eine Befragung der Beschäftigten zu den möglichen Ursachen ergab, daß knapp die Hälfte der Beschäftigten die hohe Masse der Müllbehälter für die Hauptursache der Beschwerden hielten. Als weitere mögliche Ursachen wurden häufig vorkommende verdrehte Körperhaltungen und langdauernde konstante Körperhaltungen während der Ausführung der Tätigkeiten genannt. Tabelle 1 zeigt die angenommenen Ursachen und die jeweilige Zahl der Nennungen.

Ziel einer Studie in Thailand war die Ermittlung von Ursachen von Rückenbe-

schwerden und der Vergleich von Prävalenzen nach Tätigkeitsfeldern und charakteristischen Arbeitsinhalten (Intaranont, 1994). Es wurden 42 Patienten mit Rückenbeschwerden aus neun Bereichen industrieller Fertigungsbetriebe erfaßt. Als Ursache für die

Rückenbeschwerden der Patienten wurde bei mehr als einem Drittel das manuelle Handhaben schwerer Lasten angenommen. Die weiteren angenommenen Ursachen für das Auftreten der Beschwerden sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 1:
Ursachen für das Auftreten von Rückenbeschwerden bei Müllwerkern (n = 1122) (Kawakami, 1994)

angenommene Ursachen	Nennungen
Gewicht der Müllbehälter	515
häufig vorkommende verdrehte Körperhaltung	386
langdauernde konstante Körperhaltung	318
schwierig zu handhabende Behälter	258
unnatürliche Körperhaltungen in beengten Arbeitsräumen	220
häufiges Auf- und Absteigen vom Fahrzeug	201
ungünstige Körperhaltungen beim Beladen der Fahrzeuge	180
hohe Arbeitsgeschwindigkeit	168
zu viele zu handhabende Müllbehälter	114
schlechte Beschaffenheit des Untergrundes	101
weitere Ursachen	452

Tabelle 2:
Ursachen für das Auftreten von Rückenbeschwerden im untersuchten Kollektiv (n = 42) (Intaranont, 1994)

angenommene Ursachen	Männer	Frauen
Unfälle	4	2
manuelles Handhaben schwerer Lasten	15	3
Überkopfarbeiten	—	3
einseitig dynamische Montagetätigkeiten	4	7
nicht identifizierbar	3	1

4 Gefährdung durch das Heben und Tragen von Lasten

Bei der Handhabung schwerer Lasten wird ein großer Teil der Skelettmuskulatur des Menschen aktiviert, gleichzeitig wird das skelettale Stützsystem durch innere und äußere Kräfte belastet. Zur Aufrechterhaltung der Muskelfunktion ist eine erhöhte Sauerstoffversorgung — über eine Aktivierung des Blutkreislaufs und der Atmung — notwendig. Dies kann insbesondere bei langdauernden Tätigkeiten zu einer erheblichen Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems und des Atmungssystems führen. Zur Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit der Person und zur Vermeidung einer Gesundheitsgefährdung ist auf die Einhaltung ausreichend häufiger und ausreichend langer Erholungspausen zu achten.

4.1 Gefährdung des Herz-Kreislauf-Systems

Eine besondere Belastung des Herz-Kreislauf-Systems durch das Manipulieren von Lasten wird durch den beim Heben von Lasten entstehenden erhöhten Körperinnendruck hervorgerufen. Bei der Ausführung von Hebetätigkeiten wird in der Regel die Muskulatur im Brust- und Bauchbereich aktiviert und häufig die Atmung angehalten. Dadurch kommt es zu einer Erhöhung des Druckes im Körperinneren. Dieser Druck kann auf

das Herz belastend wirken. Die Druckerhöhung kann zudem Auswirkungen auf die Blutströmung innerhalb der Blutgefäße haben, was sich vor allem bei Personen mit Herzstörungen und Bluthochdruck gesundheitsgefährdend auswirken kann. Bei den blutrückführenden Gefäßen (Venen) kann ein hoher Preßdruck die Bildung von Krampfadern begünstigen (Buchberger und Nemecek, 1988).

4.2 Gefährdung des Muskuloskelettal-Systems

Die Muskulatur ist bei Hebe- und Tragetätigkeiten in der Regel stark beansprucht, da die Muskeln die krafterzeugenden Organe sind. So kann es bei falscher Technik des Hebens und Tragens oder bei zu großen Lasten zu Muskelrissen, Zerrungen oder Sehnenrissen kommen. In den meisten Fällen handelt es sich bei solchen akuten Schädigungen der Muskulatur jedoch um Unfälle und nicht um Erkrankungen im Sinne möglicher Berufskrankheiten wie BK 2108 oder 2109 (siehe Abschnitt 5.7), die durch häufiges Wiederholen von Lastenmanipulationen und lange Expositionszeiten entstehen können.

Veränderungen der Wirbelsäule und anderer Gelenke können häufig durch das Verfahren der Röntgendiagnostik nachgewiesen werden. Die für diese Art der

4 Gefährdung durch das Heben und Tragen von Lasten

Diagnostik zur Verfügung stehenden Methoden können beispielsweise bei Diller (1979 a) nachgelesen werden. Nachfolgend sollen einige mögliche Schäden, die durch hohe Beanspruchung auftreten können, beschrieben werden.

Wesentliche Funktionen der Wirbelsäule sind die Stabilisierung der Körperhaltung, die Gewährleistung der Beweglichkeit des Körpers und die Dämpfung der bei Bewegungen auftretenden Stöße. Diese Funktionen werden durch Schädigungen wesentlich eingeschränkt. Einige besonders häufig auftretende Schädigungen der Wirbelsäule durch hohe Belastungen sind:

1. Spondylosis, Spondylolyse und Spondylolisthesis:

Die Spondylosis ist eine degenerative Erkrankung der Wirbelkörper (Pschyrembel, 1994). Es wird vermutet, daß dieser Degenerationsprozeß durch hohe, einseitige körperliche Belastung beschleunigt wird (Diller, 1979 b und c; Buchberger und Nemecek, 1988). Die Spondylolyse ist eine degenerative, entzündliche oder traumatische Erkrankung mit Spaltbildung im Bereich der Wirbelbögen (Pschyrembel, 1994), die sowohl angeboren als auch erworben sein kann. Die Folge einer Spondylolyse kann eine Spondylolisthesis sein, die das Abgleiten

eines Wirbelkörpers nach vorne beschreibt (Pschyrembel, 1994).

2. Brüche an Dornfortsätzen:

Schädigungen dieser Art können nach der Berufskrankheiten-Verordnung unter der BK 2107 als entschädigungspflichtig anerkannt werden. Diese Krankheit tritt häufig bei sehr schwerer Schaufelarbeit auf und wird aus diesem Grunde im Volksmund als „Schipper-Fraktur“ bezeichnet (Diller, 1979 b).

Des weiteren kann es durch das Heben und Tragen schwerer Lasten zu Bandscheibenvorfällen (Bandscheiben-Prolaps) kommen. Dabei sind die Bandscheiben der unteren Wirbelsäule (lumbaler und lumbosakraler Wirbelsäulenbereich), insbesondere die Bandscheiben L4-L5 und L5-S1, besonders stark gefährdet. Die Verteilung von Prolaps-Fällen bei Männern und Frauen im Bereich der Lendenwirbelsäule wurde in einer Untersuchung an Patienten mit Bandscheibenvorfällen von Kelsey et al. (1984) ermittelt (Tabelle 3). Abbildung 3 (siehe Seite 24) zeigt eine seitliche Ansicht der menschlichen Wirbelsäule und eine schematische Darstellung einer prolabierten Bandscheibe.

Neben Schädigungen an der Wirbelsäule treten häufig an Knie- und Hüftgelenken degenerative Veränderungen bei Personen, die schwere Lasten mani-

Tabelle 3:

Verteilung der Bandscheibenvorfälle im Bereich der Lendenwirbelsäule (LWS) bei Männern (n = 99) und Frauen (n = 66) sowie des gesamten Untersuchungskollektivs (n = 165) (Kelsey et al., 1984)

LWS-Abschnitt	Anteil der Bandscheibenvorfälle [%]		
	Frauen	Männer	gesamt
L1-L2	0	0	0
L2-L3	0	0	0
L3-L4	4,6	4,0	4,2
L4-L5	40,9	47,5	44,9
L5-S1	53,0	42,4	46,7
L3-L4 und L4-L5	0	1,0	0,6
L4-L5 und L5-S1	1,5	5,0	3,6

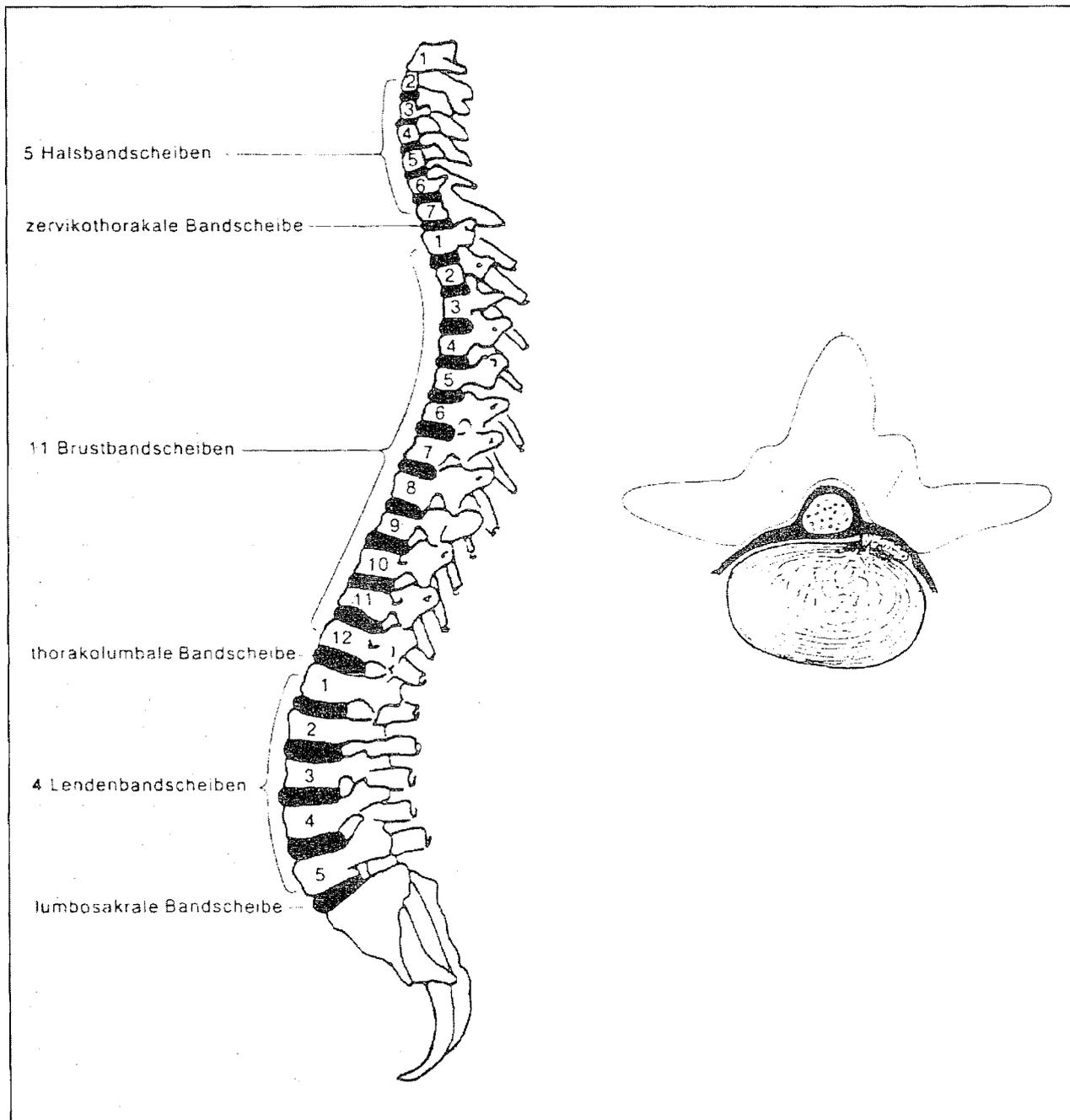
pulieren, auf. Eine erhöhte Abnutzung der Gelenke der oberen Extremitäten und der Fußgelenke konnte bei diesen Personen ebenfalls festgestellt werden. Veränderungen im Bereich des Knochenbaus können sich durch eine hohe Summenlast aus der Körpermasse und der Traglast in den Fußwölbungen ergeben. Die Folgen können Senk- oder Plattfüße sein (Buchberger und Nemecek, 1988). Akute Schädigungen des Bauchgewebes können durch die Bildung von Hernien (Bruch, z.B. an der vorderen Bauchwand, Pschyrembel, 1994) infolge starker Belastung entstehen. Hierzu gehören vor allem der Schenkelbruch (Hernia femoralis) und der Leistenbruch (Hernia inguinalis) (Hettinger, 1991 a).

4.3 Gynäkologische Gefährdung

Bei der Betrachtung möglicher Schädigungen durch Hebe- und Tragetätigkeiten müssen auch geschlechtsspezifische Besonderheiten des Körperbaus berücksichtigt werden. Diese geschlechtsspezifischen Besonderheiten haben vor allem in bezug auf den Beckenbodenbereich eine besondere Bedeutung. Im Vergleich zum weitgehend geschlossenen und damit relativ stabilen Beckenboden beim Mann ist der Beckenboden bei der Frau offen (Hettinger, 1991 a und b). Die Folge dessen sind mögliche geschlechtsspezifische Veränderungen dieses Bereiches durch das Heben und das Tragen schwerer Lasten. Abbildung 4 (Seite 25)

4 Gefährdung durch das Heben und Tragen von Lasten

Abbildung 3:
Seitenansicht der menschlichen Wirbelsäule, Lage der lumbosakralen Bandscheibe (L5-S1) und
Beispiel eines Bandscheibenvorfalls mit Kompression der Nervenwurzel (nach Krämer, 1994 a)



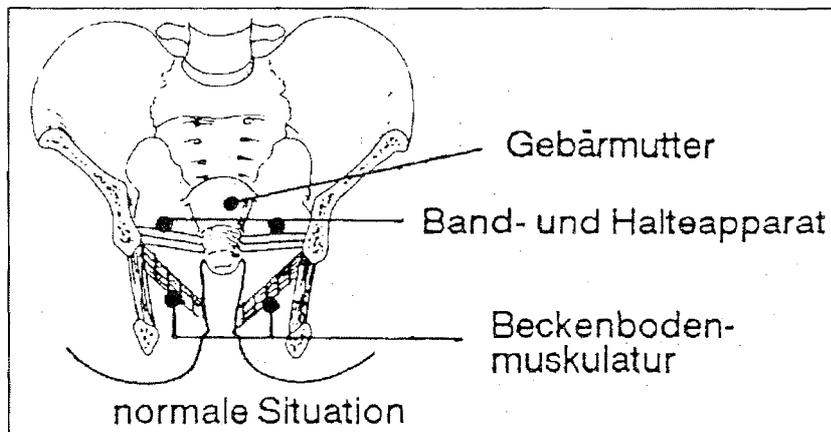


Abbildung 4:
Gebärmutter, Beckenboden-
muskulatur und parametraler
Halteapparat (Mutterbänder)
(nach Hettinger, 1991 a)

zeigt den gesunden weiblichen Beckenbodenbereich mit Gebärmutter (uterus), Muskulatur und Halteapparat.

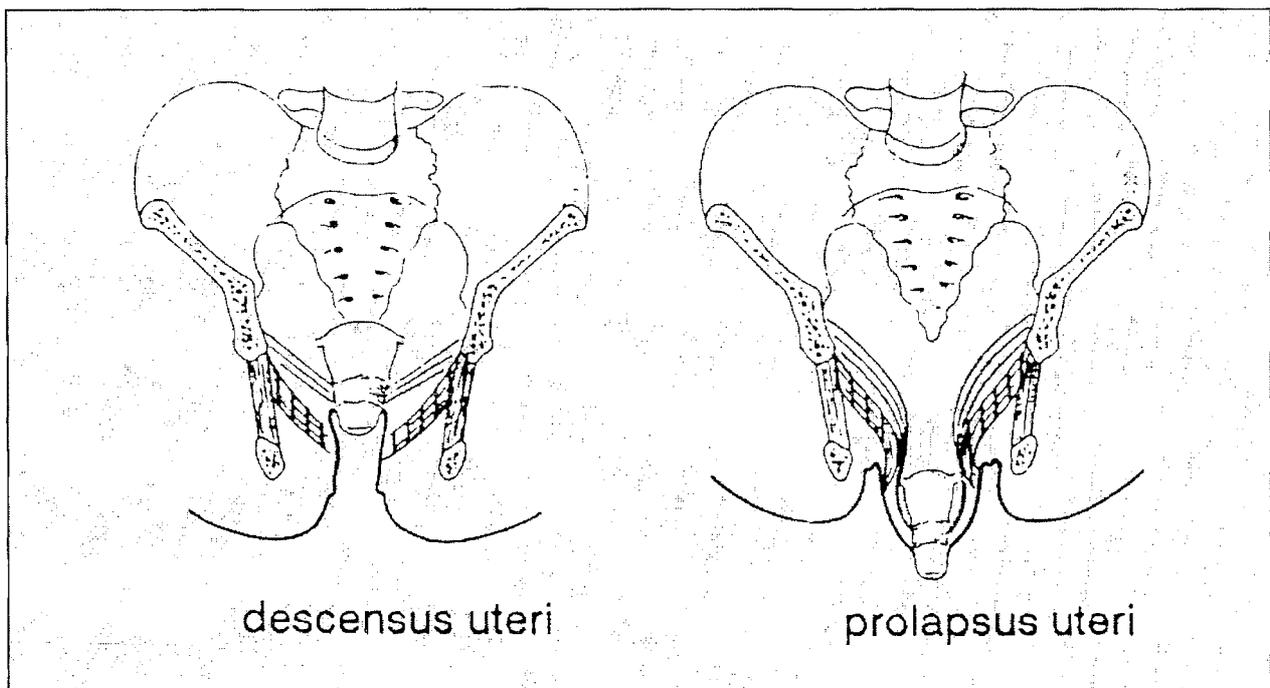
Beim Heben schwerer Lasten kann es bei Frauen ohne Schädigung des Beckenbodenbereichs zu einer Verschiebung der Gebärmutter (Senkung) kommen, die sich jedoch nach Beendigung der Tätigkeit wieder zurückbildet. Werden Lasten gehoben, die 30 kg überschreiten, kann die Gebärmutterensenkung (descensus uteri) auch nach Beendigung der Tätigkeit andauern, bei vorgeschädigtem Beckenboden kann dies auch

bereits bei geringeren Lasten auftreten (Hettinger, 1971). Die schwerste Folge bei geschädigtem Beckenbodenbereich kann ein Gebärmuttervorfal (prolapsus uteri) sein. Diese pathologischen Vorgänge sind in Abbildung 5 (siehe Seite 26) dargestellt.

Aufgrund der hohen Belastung des Halteapparates durch Schwangerschaft und Geburt wird angenommen, daß die Gefährdung nach einer Geburt beim Heben und Tragen schwerer Lasten erhöht ist (Hettinger, 1971).

4 Gefährdung durch das Heben und Tragen von Lasten

Abbildung 5:
Senkung der Gebärmutter (descensus uteri), z.B. durch Erschlaffung der Bänder
und Vorfall der Gebärmutter (prolapsus uteri) (nach Hettinger, 1991 a)



5 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes

Ziel des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes ist es, die arbeitsbedingte gesundheitliche Gefährdung zu begrenzen und so dem arbeitenden Menschen bei der Ausübung beruflicher Tätigkeiten Gesundheitsschutz zu gewährleisten. Ein möglicher Weg, dies für Tätigkeiten der manuellen Lastenhandhabung zu erreichen, ist die Festlegung von Lastgrenzen. Die Festlegung von Lastgrenzen ist jedoch nicht unproblematisch. Zur Vermeidung jeglichen Gesundheitsrisikos für alle Personen müßte eine sehr niedrig liegende Lastgrenze definiert werden. Aufgrund der Streuung der menschlichen Eigenschaften ist es jedoch, auch aus wirtschaftlichen Gründen, nicht sinnvoll, einen allgemein verbindlichen Grenzwert für alle betroffenen Personen festzulegen. Es besteht einerseits die Möglichkeit, dabei das Geschlecht oder das Alter zu berücksichtigen. Andererseits bleiben Grenzwerte bei Personen problematisch, deren körperliche Eigenschaften nicht denjenigen entsprechen, die bei der Festlegung eines Grenzwertes vorausgesetzt wurden.

Weiterhin hat die Art der Ausführung einer Tätigkeit einen großen Einfluß auf die Belastungshöhe der Arbeitsperson. So ist es beispielsweise ein erheblicher Unterschied, ob eine Last eng am Körper oder in einem großen Abstand vom Körper gehalten und getragen wird. Darüber hinaus spielt auch die

Form eines Gegenstandes eine große Rolle.

Diese Beispiele machen deutlich, daß die Festlegung allgemeingültiger Grenzwerte problematisch sein muß. In den folgenden Abschnitten werden normative Setzungen und Richtlinien vorgestellt, die in der Regel für eine bestimmte Personengruppe definiert sind. Hierbei ist zu beachten, daß es sich bei Gesetzen, Verordnungen und Unfallverhütungsvorschriften um bindende Belastungsgrenzen handelt, während es sich bei Empfehlungen, Normen und Richtlinien um Regeln oder Erkenntnisse im Sinne der Formulierungen des Arbeitssicherheitsgesetzes, § 1 (ArbSichG, 1990), oder der Arbeitsstättenverordnung, § 3 (ArbStV, 1983), handelt. Diese nicht verpflichtenden Hinweise können verpflichtenden Charakter erlangen, wenn in einem Gesetz, einer Verordnung oder einer Unfallverhütungsvorschrift ausdrücklich auf Inhalte oder Grenzwerte dieser Hinweise verwiesen wird. Hinzuzufügen ist dabei, daß die 1971 in Kraft getretene Verordnung über die Beschäftigung von Frauen auf Fahrzeugen (VFaf, 1971), die eine Lastgrenze von 10 kg für Frauen beim häufigen Heben oder Tragen beinhaltete, mit der Einführung des neuen Arbeitszeitrechtsgesetzes (ArbZRG) am 1. Juli 1994 außer Kraft gesetzt wurde (Anzinger, 1994).

5 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes

5.1 Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter (Mutter- schutzgesetz — MuSchG)

Das Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter, das sogenannte Mutterschutzgesetz (MuSchG, 1987) in seiner letzten Fassung vom 7. Oktober 1987, umfaßt den Personenkreis der werdenden und der stillenden Mütter. Das Gesetz enthält unter anderem Auflagen, die bei der Gestaltung des Arbeitsplatzes für den betreffenden Personenkreis erfüllt werden müssen, und zahlreiche bindende Beschäftigungsverbote. Bezüglich des Hebens und des Tragens von Lasten wird unter § 4 „Weitere Beschäftigungsverbote“ in Absatz 2 folgende Einschränkung formuliert:

„Werdende Mütter dürfen insbesondere nicht beschäftigt werden

(1) mit Arbeiten, bei denen regelmäßig Lasten von mehr als 5 kg Gewicht oder gelegentlich Lasten von mehr als 10 kg Gewicht ohne mechanische Hilfsmittel von Hand gehoben, bewegt oder befördert werden.

(2) Sollen größere Lasten mit mechanischen Hilfsmitteln von Hand gehoben, bewegt oder befördert werden, so darf die körperliche Beanspruchung der werdenden Mutter nicht größer sein als bei Arbeiten nach Satz 1.“

Für stillende Mütter gilt dieses Beschäftigungsverbot in gleicher Weise. Das Gesetz macht dabei keine Aussage über die Ausführungsart des Hebens und des Tragens von Lasten. Des weiteren gibt der Gesetzestext keine weiteren Hinweise auf die Häufigkeit der Ausführung; es werden lediglich die Begriffe „regelmäßig“ und „gelegentlich“ benutzt.

5.2 Unfallverhütungsvorschrift „Forsten“ (GUV 1.13)

Der Gemeindeunfallversicherungsverband Westfalen-Lippe gibt in der Unfallverhütungsvorschrift „Forsten“ (GUV 1.13, 1985), die seit Mai 1985 in Kraft ist, unter anderem Grenzwerte für das Heben und Tragen von Lasten vor. Die entsprechenden Abschnitte haben folgenden Wortlaut:

§ 2 Abs. 4:

„Der Unternehmer darf Versicherte nicht mit Arbeiten beschäftigen, die über ihre Leistungsfähigkeit hinausgehen.“

„Die Forderung ist als erfüllt anzusehen, wenn beim gelegentlichen Heben und Tragen von Lasten männliche Jugendliche nicht mehr als 35 kg, weibliche Jugendliche und Frauen nicht mehr als 15 kg sowie Männer nicht mehr als 50 kg bewegen.

Bei häufigem Heben und Tragen (d.h. mehr als dreimal/Stunde) sollen Grenzwerte von 30 kg für Männer und 10 kg für Jugendliche und Frauen nicht überschritten werden.

Bezüglich der Beschäftigung werdender Mütter wird auf das Mutterschutzgesetz verwiesen.“

Im Gegensatz zum vorher genannten Mutterschutzgesetz wird bei dieser Vorschrift eine zahlenmäßige Definition der Häufigkeit des Ausübens des Hebens und Tragens von Lasten gemacht.

5.3 Unfallverhütungsvorschrift „Müllbeseitigung“ (VBG 126, 1993)

Die Unfallverhütungsvorschrift „Müllbeseitigung“ (VBG 126, 1993 a) enthält unter dem Punkt „Verhalten bei Müllsammlung“ einen Grenzwert für Lasten und für Wegstrecken beim Tragen. Unter § 11 heißt es:

„(1) Einzellasten von mehr als 35 kg darf ein Müllwerker nicht tragen.“

„(2) Müllbehälter dürfen nicht weiter als 15 m getragen werden.“

Die Durchführungsanweisungen (VBG 126, 1993 b) machen darauf aufmerksam, daß gefüllte Mülltonnen,

die ein Fassungsvermögen von 110 l besitzen, in der Regel eine Masse von 35 kg überschreiten.

5.4 Unfallverhütungsvorschrift „Fleischereimaschinen“ (VBG 19, 1993)

In einer Unfallverhütungsvorschrift der Fleischerei-Berufsgenossenschaft für Fleischereimaschinen (VBG 19, 1993 a) wird in § 9 „Beschickungseinrichtungen“ vorgeschrieben, für welche betrieblichen Gegebenheiten Beschickungseinrichtungen erforderlich sind. In den Absätzen (1) und (2) heißt es:

„(1) An Fleischereimaschinen müssen Beschickungseinrichtungen vorhanden sein, wenn der Abstand vom Standplatz bis zur Trog- oder Trichterkannte mehr als 1400 mm beträgt.“

„(2) Abweichend von Absatz 1 ist eine Beschickungsmaschine nicht erforderlich, wenn von einem Versicherten in einer Schicht nicht mehr als 1000 kg in den Trog oder den Trichter gefüllt werden müssen.“

In den Durchführungsanweisungen der Unfallverhütungsvorschrift (VBG 19, 1993 b) werden zu Absatz 2 weitere Empfehlungen bezüglich „der Beurteilung der Gesundheitsgefahren beim

5 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes

Heben und Tragen von Lasten“ gegeben. Dazu wird die in Abschnitt 5.5 beschriebene Tabelle mit zumutbaren Lasten angeführt.

5.5 Empfehlungen des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung (BMA)

In einem Schreiben des BMA vom 1. Oktober 1981 an die Minister und Senatoren für Arbeit und Soziales der Länder (BMA, 1981) werden Grenzwerte (siehe Tabelle 4), die auf einem Gutachten von Hettinger (1981 a) basieren, wie folgt empfohlen:

„Ich würde es begrüßen, wenn Sie bei der Beurteilung von Gesundheitsgefahren beim Heben und Tragen von Lasten die in der Übersicht zusammengefaßten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse heranziehen würden.“

Die angegebenen Grenzlasten wurden dabei geschlechtsspezifisch und nach der Häufigkeit unterteilt (siehe Tabelle 4). Der Begriff „gelegentlich“ wird dabei — ebenfalls basierend auf dem von Hettinger erstellten Gutachten — mit „weniger als zweimal/Stunde“ und der Begriff „häufiger“ mit „mehr als zwei- bis dreimal/Stunde“ definiert. Des Weiteren ist in dem Begriff „gelegentlich“ ein

Tabelle 4:
Vom BMA (1981) empfohlene Grenzlasten für das Heben und Tragen von Lasten

Lebensalter	Zumutbare Last [kg] Häufigkeit des Hebens und Tragens			
	gelegentlich		häufiger	
	Frauen ¹⁾	Männer ^{1,2)}	Frauen ²⁾	Männer ²⁾
15 bis 18 Jahre	15	35	10	20
19 bis 45 Jahre	15	55	10	30
älter als 45 Jahre	15	45	10	25

¹⁾ nicht schattiert = Grenzwerte, die im Normalfall ohne Gesundheitsgefährdung nicht überschritten werden dürfen

²⁾ schattiert = Werte, die aus ergonomischer Sicht empfohlen werden

Transportweg von drei bis vier Schritten impliziert; müssen weitere Strecken mit Last zurückgelegt werden, so sollte auf die Grenzlasten unter der Rubrik „häufiger“ zurückgegriffen werden.

Bei diesen Grenzwerten ist jedoch zu beachten, daß es sich lediglich um Empfehlungen handelt, deren Einhaltung zwar wünschenswert, jedoch nicht bindend ist, obwohl das Gutachten die Einhaltung der Grenzwerte unter folgendem Wortlaut fordert:

„Die vorgeschlagenen Grenzwerte für das Heben und Tragen von Lasten bzw. von Hubkräften sind für Frauen bindend als Schutz vor gynäkologischen Schädigungen zu sehen. Für männliche Jugendliche ist die Schädigungsmöglichkeit im Entwicklungsalter berücksichtigt und die Höchstlast ebenfalls zu fixieren. Alle anderen Werte haben einen mehr oder weniger empfehlenden Charakter.“

5.6 Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften 90/269/EWG

Der Hauptzweck der EG-Richtlinie 90/269/EWG (1990) ist es, den Arbeitnehmer bei der manuellen Handhabung von Lasten vor einer Gefährdung der Lendenwirbelsäule zu schützen. Die Umsetzung dieser Richtlinie für alle beruf-

lichen Tätigkeiten, bei denen manuell Lasten gehandhabt werden, in nationales Recht ist gegenwärtig noch nicht erfolgt (vgl. Entwurf einer Lastenhandhabungsverordnung — LasthandhabV, BMA, 1993 c). Dies ist beispielsweise in der Republik Österreich durch das Inkrafttreten des ArbeitnehmerInnenschutzgesetzes (§ 64, ASchG, 1994) erfolgt. In Deutschland ist die EG-Richtlinie bereits in der Gesundheitsschutz-Bergverordnung (§14, Manuelle Handhabung von Lasten; GesBergV, 1991) — mit Ausnahme des Anhangs 1 (siehe unten) — umgesetzt.

In dieser Richtlinie sind keine Grenzlasten für die manuelle Handhabung von Lasten vorgegeben. Es wird lediglich dem Arbeitgeber auferlegt, organisatorische Maßnahmen zu treffen und geeignete Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, um die manuelle Handhabung von Lasten zu vermeiden. Für nicht vermeidbare Fälle der Handhabung von Lasten schreibt die Richtlinie dem Arbeitgeber bezüglich der Gestaltung des Arbeitsplatzes in Artikel 4 folgendes vor:

„In allen Fällen, in denen es sich nicht umgehen läßt, daß der Arbeitnehmer Lasten manuell handhaben muß, gestaltet der Arbeitgeber den Arbeitsplatz so, daß die Handhabung möglichst sicher und mit möglichst geringer Gesundheitsgefährdung erfolgt, und

5 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes

a) bewertet möglichst im Vorhinein die Bedingungen in Bezug auf Sicherheit und Gesundheitsschutz, die für die Art der jeweiligen Arbeit gelten; dabei berücksichtigt er insbesondere die Merkmale der Last, wobei er Anhang I zugrunde legt;

b) sorgt dafür, daß es beim Arbeitnehmer insbesondere nicht zu einer Gefährdung der Lendenwirbelsäule kommt oder daß solche Gefährdungen gering gehalten werden, indem er insbesondere unter Berücksichtigung der Merkmale der Arbeitsumgebung und der Erfordernisse der Aufgabe geeignete Maßnahmen ergreift, wobei er Anhang I zugrunde legt.“

In Anhang I werden in qualitativer Form „zu berücksichtigende Gegebenheiten“ wie „Merkmale der Last“ und der „Arbeitsumgebung“ sowie Angaben zum „geforderten körperlichen Kraftaufwand“ und zu den „Erfordernissen der Aufgabe“ beschrieben, die eine Gefährdung der Lendenwirbelsäule darstellen.

5.7 Berufskrankheiten-Verordnung

Die zum 1. Januar 1993 in Kraft getretene „Zweite Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung“ (1992) enthält unter den BK-Nummern 2108 und 2109 zwei neue Berufskrank-

heitentatbestände, die berufsbedingte Schädigungen, die durch das Heben oder Tragen von Lasten hervorgerufen wurden, berücksichtigen.

Die Definitionen dieser Berufskrankheiten haben folgenden Wortlaut (Zweite Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung, 1992):

BK 2108:

„Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjähriges Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch langjährige Tätigkeit in extremer Rumpfbeugehaltung, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können.“

BK 2109:

„Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule durch langjähriges Tragen schwerer Lasten auf der Schulter, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können.“

Die Berufskrankheiten-Verordnung hat im Gegensatz zu den oben genannten Gesetzen, Verordnungen oder Richtlinien

keinen präventiven Charakter im eigentlichen Sinne, da sie erst wirksam wird, wenn bereits Schädigungen des Arbeitnehmers vorliegen. Die in dieser Verordnung angegebenen Werte bezüglich der Definition „schwerer Lasten“ (siehe unten) können jedoch auch als Richtwerte für das Heben und Tragen von Lasten in der betrieblichen Praxis dienen. Dies wird unter anderem dadurch bestätigt, daß die angegebenen Lastwerte unter „präventiv-medizinischen“ Gesichtspunkten festgelegt wurden (BMA, 1993 a). Im „Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2108“ sind die in Tabelle 5 gegebenen Lastgewichte als Anhaltspunkte für den Begriff „schwere Lasten“ genannt.

„Diese Werte gelten für Lastgewichte, die eng am Körper getragen werden. Bei weit vom Körper entfernt getragenen Gewichten, z.B. beim einhändigen

Mauern von Steinen, können auch geringere Lastgewichte mit einem Risiko für die Entwicklung von bandscheibenbedingten Erkrankungen der Wirbelsäule verbunden sein.“ (BMA, 1993 a)

Bezüglich der Regelmäßigkeit und der Häufigkeit des Hebens und Tragens von Lasten macht das Merkblatt folgende Aussage (BMA, 1993 a):

„Die o.g. Lasten müssen jedoch mit einer gewissen Regelmäßigkeit und Häufigkeit in der überwiegenden Zahl der Arbeitsschichten gehoben oder getragen worden sein, um als Ursache von bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule in Frage kommen zu können. Dies begründet sich mit den epidemiologischen Studien, die in den Berufsgruppen mit erhöhtem Risiko für die Entwicklung von bandscheibenbedingten Erkrankungen der Wirbelsäule durch

Tabelle 5:
Lastgewichte, deren regelmäßiges Heben oder Tragen mit einem erhöhten Risiko für die Entwicklung bandscheibenbedingter Erkrankungen der Lendenwirbelsäule nach BK 2108 verbunden sind (BMA, 1993 a)

Alter	Last in kg	
	Frauen	Männer
15 bis 17 Jahre	10	15
18 bis 39 Jahre	15	25
ab 40 Jahre	10	20

5 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes

Heben oder Tragen schwerer Lasten beschreiben, daß die Lastgewichte mit einer gewissen Regelmäßigkeit pro Schicht gehoben wurden.“

In diesem Zusammenhang werden in der Verordnung keine ausdrücklichen Werte für die Häufigkeit des Hebens und Tragens gemacht; hierzu werden Untersuchungen von Videmann et al. (1984) an Schwesternhelferinnen und Wickström et al. (1985) bei Stahlbetonarbeitern beispielhaft herangezogen. Demzufolge beinhalteten bei den Schwesternhelferinnen ca. 12 % der zu verrichtenden Arbeiten das Heben und Tragen von Lasten, während die Stahlbetonarbeiter 40mal pro Schicht eine schwere Last gehoben oder getragen haben. Dieser Sachverhalt erscheint bedeutsam, weil in einigen Literaturstellen (siehe Hierholzer und Hax, 1994, oder Krämer, 1994 b) prozentuale Häufigkeiten des Hebens und Tragens von Lasten, bezogen auf die Schichtdauer, gemacht werden, die zur Anerkennung erforderlich seien, die jedoch aus dem Wortlaut der Verordnung nicht eindeutig hervorgehen.

Für den Begriff „langjährige Tätigkeit in extremer Rumpfbeugehaltung“ wird im Merkblatt für die ärztliche Untersuchung folgende Definition angegeben (BMA, 1993 a):

„Unter Tätigkeit in extremer Rumpfbeugehaltung sind Arbeiten in Arbeitsräu-

men zu verstehen, die niedriger als 100 cm sind und damit eine ständig gebeugte Körperhaltung erzwingen. Solche Arbeitsplätze existieren teilweise im untertägigen Bergbau (Havelka, 1980). Weiterhin sind unter extremer Rumpfbeugehaltung Arbeiten gemeint, bei denen der Oberkörper aus der aufrechten Haltung um mehr als 90° gebeugt wird, beispielsweise bei Stahlbetonbauern im Hochbau (Wickström et al., 1985).“

Für die BK 2109 hingegen wird als „schwere Last“ ein Lastgewicht von 50 kg und mehr angesehen. Dieses „Lastgewicht muß mit einer gewissen Regelmäßigkeit und Häufigkeit in der überwiegenden Zahl der Arbeitsschichten getragen worden sein“ (BMA, 1993 b). Das gegenüber der BK 2108 höher angesetzte Lastgewicht wird im Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2109 wie folgt begründet (BMA, 1993 b):

„Das im Vergleich zum Merkblatt für die Berufskrankheit nach Nr. 2108 Berufskrankheiten-Verordnung höhere Lastgewicht begründet sich mit dem Umstand, daß auf der Schulter die Last achsennah einwirkt und der Hebelarm, der bei der Belastung der Lendenwirbelsäule durch Heben oder Tragen schwerer Lasten zu berücksichtigen ist, entfällt.“

Bei den Berufskrankheiten BK 2108 und BK 2109 bedeutet der Begriff „langjäh-

rig“ eine untere Grenze der Ausübung der Tätigkeit von mindestens zehn Berufsjahren. Es wird in den entsprechenden Merkblättern zur ärztlichen Untersuchung darauf hingewiesen, daß es lediglich in begründeten Einzelfällen, bei denen eine sehr intensive Belastung vorgelegen haben muß, auch nach geringerer Tätigkeitsdauer zu berufsbedingten Erkrankungen der jeweiligen Wirbelsäulenabschnitte kommen kann.

Diese Ergänzungen der Berufskrankheiten-Verordnung haben zu einer intensiven Diskussion um die Voraussetzungen für eine Anerkennung geführt, die noch nicht abgeschlossen ist. Die Anerkennungsvoraussetzungen wurden in zahlreichen Veröffentlichungen aus gutachterlicher, aus juristischer, aus ärztlicher oder aus sozialmedizinischer Betrachtungsweise erläutert und diskutiert (siehe hierzu beispielsweise: Giesen, 1993; Foitzik, 1993; Brandenburg, 1993; Krisa, 1993; Ludolph und Schröter, 1993; Ludolph et al., 1994; Drexel, 1994; Hartmann, 1994; Hartung und Dupuis, 1994; Hartung, 1994; Krämer, 1994 b; Woitowitz, 1994; Hierholzer und Hax, 1994; Sokoll, 1994).

5.8 Weitere Richtlinien und Empfehlungen

Erkenntnisse im Sinne des § 1 Arbeitssicherheitsgesetz (ArbSichG, 1990)

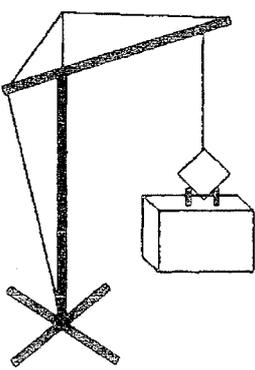
oder § 3 der Arbeitsstättenverordnung (ArbStV, 1983) enthalten auch zahlreiche Schriften und Informationshefte, in denen Richtlinien und Grenzwerte bezüglich der manuellen Handhabung von Lasten angegeben sind.

Zu den wichtigsten Publikationen gehören die Informationsschriften der verschiedenen Berufsgenossenschaften (ZH1-Schriften) oder die Merkhefte der Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Diese Schriften enthalten zum Teil Angaben über Grenzlasten für das Heben und Tragen von Lasten. Für das Heben werden dabei in der Regel die vom Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (siehe Abschnitt 5.5) empfohlenen Grenzlasten angegeben (z.B. ZH 1/185, 1991, oder Kirchner und Kirchner, 1993).

Des Weiteren wurden von den Bau-Berufsgenossenschaften Empfehlungen für zulässige Massen von Mauersteinen gegeben (Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften, 1991; Kaiser und Linke-Kaiser, 1992). Die dort empfohlenen Grenzwerte liegen in Abhängigkeit von der Verarbeitungsweise (einhändig oder beidhändig) und von der Griffweite zwischen 6 kg und 25 kg; Mauersteine mit einem Gewicht über 25 kg sollten demnach nur maschinell verarbeitet werden. In Abbildung 6 (siehe Seite 36) ist eine Zusammenstellung der empfohlenen Grenzwerte dargestellt.

5 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes

Abbildung 6:
Zusammenstellung der Grenzwerte für Einhand- und Zweihand-Mauersteine
(Kaiser und Linke-Kaiser, 1992)

	Einhand-Mauersteine		Zweihand-Mauersteine	Nicht von Hand, nur maschinell vermauern!
Verarbeitungsgewicht	max. 7,5 kg	max. 6 kg	max. 25 kg	> 25 kg
Greifspanne der Hand	40 mm	75 mm	115 mm	

In praxisorientierten Publikationen (z.B. bei Scheid, 1975) werden häufig Lastgrenzen genannt, die einer älteren Untersuchung von Köck und Pedersen (1969) entnommen sind. Neben der

Unterscheidung nach Geschlecht und der Häufigkeit der manuellen Hebetätigkeiten berücksichtigen diese Grenzwerte die körperliche Leistungsfähigkeit der Arbeitspersonen und die Arbeitsbedin-

gungen. Hierbei wurden Grenzlasten für Männer und Frauen im Alter zwischen 20 und 45 Jahren angegeben (Tabellen 6 und 7). Die Voraussetzungen und Kriterien zu den Begriffen „körperliche Leistungsfähigkeit“ und „allgemeine Arbeitsbelastung“ werden bei der Übernahme der bei-

den Tabellen in entsprechende Merkhilfe jedoch häufig vernachlässigt. Weiterhin ist anzumerken, daß die Grenzwerte auf Messungen des Energieumsatzes und der Herzschlagfrequenz basieren und biomechanische Kriterien weitgehend vernachlässigt werden.

Tabelle 6:

Grenzlasten für Hebe- und Tragearbeiten für 20- bis 45jährige Männer in kg, wobei Werte ohne Klammer für mittlere körperliche Leistungsfähigkeit gelten und Werte in Klammern sehr hohe körperliche Leistungsfähigkeit und überdurchschnittliche Muskelkraft voraussetzen (Köck u. Pedersen, 1969)

Häufigkeit der Hebe- bzw. Tragearbeit (% der Schichtarbeit)	Grenzlast für Männer [kg]					
	allgemeine Arbeitsbelastung					
	gering		mittel		groß	
sporadisch (< 5 %)	45	(60)	38	(55)	33	(50)
häufig (10 % bis 25 %)	25	(35)	18	(27)	12	(19)
dauernd (> 35 %)	16	(22)	12	(17)	8	(12)

Tabelle 7:

Grenzlasten für Hebe- und Tragearbeiten für 20- bis 45jährige Frauen in kg, wobei Werte ohne Klammer für mittlere körperliche Leistungsfähigkeit gelten und Werte in Klammern sehr hohe körperliche Leistungsfähigkeit und überdurchschnittliche Muskelkraft voraussetzen (Köck und Pedersen, 1969)

Häufigkeit der Hebe- bzw. Tragearbeit (% der Schichtarbeit)	Grenzlast für Frauen [kg]					
	allgemeine Arbeitsbelastung					
	gering		mittel		groß	
sporadisch (< 5 %)	25	(35)	22	(31)	19	(27)
häufig (10 % bis 25 %)	16	(22)	12	(17)	8	(11)
dauernd (> 35 %)	10	(14)	7	(10)	4	(6)

5 Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes

Eine umfassende Zusammenstellung wurde vom Internationalen Arbeitsamt in Genf veröffentlicht (ILO, 1988). Die Zusammenstellung enthält neben Definitionen für den Begriff „Manuelles Handhaben von Lasten“ auch Gesetze, Richtlinien und Verordnungen, die in verschiedenen Staaten in Kraft sind. Zusätzlich werden Lastgrenzen für das Heben und Tragen von Lasten für zahlreiche Staaten aufgelistet, wobei für die Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) die Empfehlung des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung zitiert wird (siehe Ab-

schnitt 5.5). Für die ehemalige Deutsche Demokratische Republik werden die in den Tabellen 8 und 9 gegebenen Lastgrenzen angegeben. Der in dieser Zusammenstellung verwendete Begriff der „Arbeitsschwere“ wird jedoch nicht weiter erläutert.

Empfehlungen für den Praktiker zur Erkennung möglicher Gesundheitsgefährdungen und zur Gestaltung von Lastenmanipulationen enthält ein Leitfadens „Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten“ (Steinberg und Windberg, 1994).

Tabelle 8:

Lastgrenzen für Frauen in Abhängigkeit der Arbeitsschwere und des Anteils an Hebetätigkeiten an der Gesamttätigkeit (Angaben für die Deutsche Demokratische Republik, nach ILO, 1988)

Lastgrenzen [kg] für Frauen					
schwere/sehr schwere Arbeit		mittelschwere Arbeit		leichte Arbeit	
< 8 %	> 30 %	< 8 %	> 30 %	< 8 %	> 30 %
19	4	22	7	25	10

Tabelle 9:

Lastgrenzen für Männer in Abhängigkeit der Arbeitsschwere und des Anteils an Hebetätigkeiten an der Gesamttätigkeit (Angaben für die Deutsche Demokratische Republik, nach ILO, 1988)

Lastgrenzen [kg] für Männer					
schwere/sehr schwere Arbeit		mittelschwere Arbeit		leichte Arbeit	
< 8 %	> 30 %	< 8 %	> 30 %	< 8 %	> 30 %
33	8	38	12	45	15

6 Methoden zur Erfassung von Kenngrößen der Belastung und Beanspruchung

Die Manipulation von Lasten ist häufig mit einer deutlichen Erhöhung des Energieumsatzes und einer erheblichen Aktivitätssteigerung im kardiovaskulären und pulmonalen System sowie in der Muskulatur verbunden. Zur Beurteilung der Höhe der Belastung und Beanspruchung eignet sich die Erfassung körperlicher Reaktionen, die das Verhalten der entsprechenden Systeme kennzeichnen. Arbeitsphysiologische Messungen unter realen Bedingungen am Arbeitsplatz verlangen möglichst rückwirkungsfreie Meßmethoden, deshalb sind für solche Untersuchungen nur nicht-invasive Verfahren geeignet. Kenngrößen wie beispielsweise der Energieumsatz, die Herzschlagfrequenz, der Blutdruck oder die Körpertemperatur kennzeichnen dabei die Reaktionen zentraler Organe oder Organsysteme. Sie sind vor allem geeignet, wenn durch die Arbeit große Teile der Muskulatur aktiviert werden. Kenngrößen, die die lokale Reaktion einzelner Muskeln oder kleiner Muskelgruppen wiedergeben, wie beispielsweise das Elektromyogramm, die Veränderung der Maximalkraft des arbeitenden Menschen durch die Tätigkeit, die Ausdauer oder der Intraabdominaldruck, sind geeignet, um Engpässe, die die Ausführung einer Tätigkeit begrenzen, zu erkennen.

Die aus den in den folgenden Abschnitten beschriebenen Erfassungsmethoden ermittelten Daten bilden die Grundlage

für die Festlegung von Beurteilungskriterien (siehe Kapitel 7) für Hebe- und Tragetätigkeiten.

6.1 Reaktionen des Herz-Kreislauf-Systems

Bei der Ausführung energetischer Arbeit haben die arbeitenden Organe und darunter insbesondere die arbeitende Muskulatur einen erhöhten Nährstoff- und Sauerstoffbedarf. Außerdem ist ein verstärkter Abtransport von Stoffwechselprodukten erforderlich. Die Transportaufgaben werden vom Herz-Kreislauf-System übernommen; das Herz wirkt dabei als Blutpumpe und das Kreislaufsystem übernimmt die Verteilungsaufgabe. Dabei wird das Blut durch die nervös gesteuerte Erweiterung von Blutgefäßen bevorzugt in die arbeitenden Muskeln geführt. Zur Anpassung der Herzaktivität an die verstärkten Pumpaufgaben erhöht sich sowohl die Herzschlagfrequenz als auch die Kontraktionskraft des Herzens. Die arbeitsbedingte Veränderung der Herzschlagfrequenz kann mit Hilfe von Elektrokardiogrammen auch unter Feldbedingungen aufgezeichnet werden (siehe Abschnitt 6.1.1). Die verstärkte Kontraktion des Herzens führt gemeinsam mit der nervös bedingten Veränderung des Strömungswiderstands in den Blutgefäßen zu

6 Methoden zur Erfassung von Kenngrößen der Belastung und Beanspruchung

einer Veränderung des arteriellen Blutdrucks. Eine nicht-invasive Messung des Blutdrucks ist mit hinreichender Genauigkeit bisher nur eingeschränkt möglich (siehe Abschnitt 6.1.2).

6.1.1 Elektrokardiogramm (EKG)

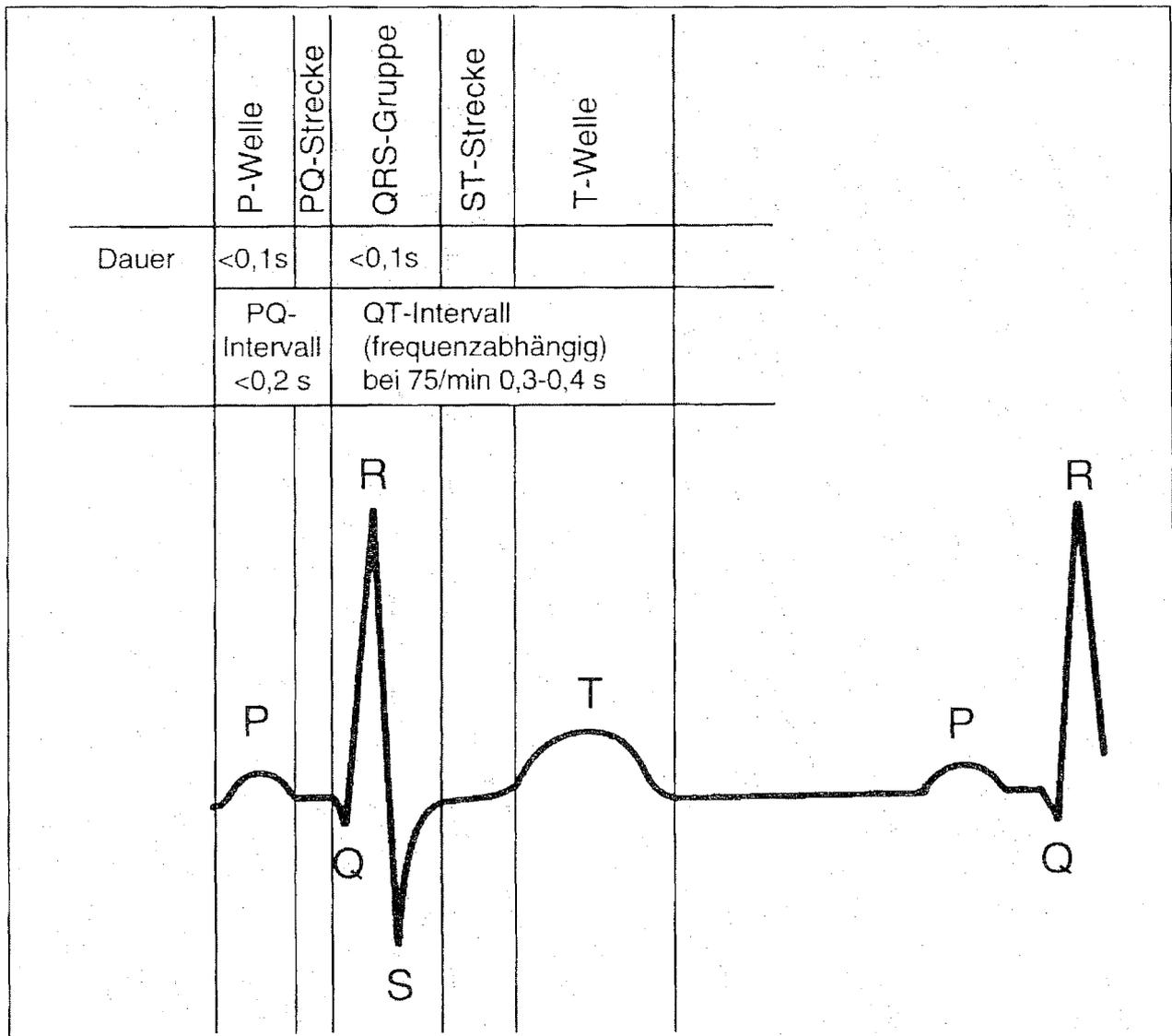
In der medizinischen Forschung und Diagnose wird die Aufzeichnung von Elektrokardiogrammen üblicherweise eingesetzt, um pathologische Zustände des Herzens im Ruhezustand und unter Belastung festzustellen. In arbeitsphysiologischen Untersuchungen wird diese Methode zur Bestimmung der Herzschlagfrequenz angewendet. Im folgenden sollen kurz die Grundlagen des Elektrokardiogramms, seine Aufzeichnung und einige Anwendungsfälle bezüglich der Untersuchung von Hebe- und Tragetätigkeiten dargestellt werden. Die im EKG dargestellten zeitlich veränderlichen Signale haben ihre Ursache in Potentialdifferenzen zwischen erregten und unerregten Abschnitten des Herzens während des Erregungsablaufs. Das EKG beschreibt dabei das Wandern der Erregungsfront. Mit Hilfe des Elektrokardiogramms können u.a. Aussagen über den Erregungsablauf am Herzen, über die Herzlage, die Herzschlagfrequenz oder den Erregungsursprung gemacht werden (Silbernagl und Despopoulos, 1991).

Das Elektrokardiogramm besteht im Normalfall aus einer regelmäßigen Abfolge von Zacken und Wellen, die mit den Buchstaben P bis T bezeichnet werden. Das in Abbildung 7 dargestellte EKG zeigt den charakteristischen Verlauf der Spannungsänderungen. Hierbei beschreibt die P-Welle die Ausbreitung der Erregung im Vorhof, das PQ-Intervall die Dauer vom Beginn der Vorhoferregung bis zur Kammererregung, die QRS-Gruppe die Erregungsausbreitung in den Kammern und die T-Welle die Repolarisation der Kammern (siehe zum Beispiel Thews et al., 1989).

Das Anbringen der Elektroden am Körper kann an verschiedenen Ableitstellen erfolgen. Bei klinischen Untersuchungen wird häufig das Verfahren der Extremitätenableitung nach Einthoven verwendet. Hierbei werden Elektroden am rechten Arm, am linken Arm und am linken Bein angebracht. Auf diese Weise kann ein EKG-Signal zwischen rechtem und linkem Arm, ein Signal zwischen rechtem Arm und linkem Fuß und ein Signal zwischen linkem Arm und linkem Fuß abgeleitet werden.

Bei anderen Verfahren wird das EKG an der Brustwand abgeleitet. Solche Ableitungen eignen sich zur Ermittlung der Herzschlagfrequenz bei ergonomischen Untersuchungen besser, da Störungen durch die Bewegung der Extremitäten

Abbildung 7:
 Normalform des EKG bei bipolarer Ableitung von der Körperoberfläche
 in Richtung der Herzlängsachse



sowie Einstreuungen elektrischer Aktivitäten anderer Muskeln geringer sind als bei der Extremitätenableitung.

Zur Ermittlung der Herzschlagfrequenz wird die Anzahl der R-Zacken pro Minute ermittelt. Die sogenannte Arbeitspuls-

5 Methoden zur Erfassung von Kenngrößen der Belastung und Beanspruchung

frequenz wird dann entsprechend der in Abschnitt 7.1.1.1 beschriebenen Methode gebildet.

Die EKG-Signale können entweder telemetrisch übertragen oder auf Speichergeräten, die am Körper getragen werden, aufgezeichnet werden (Rohmert et al., 1974, oder Rutenfranz et al., 1977). Wichtig ist es, die Datenaufzeichnung so vorzunehmen, daß bei der Auswertung eine eindeutige Zuordnung von Meßzeitpunkt, momentan ausgeführter Tätigkeit und EKG-Signal möglich ist.

In der Literatur werden zahlreiche Untersuchungen von Hebe- und Tragetätigkeiten beschrieben, die die Ableitung von Elektrokardiogrammen zur Bestimmung der Herzschlagfrequenz anwenden. So wurde dieses Verfahren beispielsweise in einer von Kylian et al. (1985) durchgeführten Feldstudie in einer mechanischen Weberei zur Ermittlung der Beanspruchung beim Aufstecken von Garnspulen angewendet. In einer Laborstudie von Snook und Ciriello (1991), in der die individuelle Belastungsempfindung bei Handhaben von Lasten untersucht wurde (siehe hierzu auch Abschnitt 8.3), wurde die Beanspruchung ebenfalls anhand der Ableitungen von Elektrokardiogrammen ermittelt.

6.1.2 Blutdruck

In klinischen Untersuchungen wird die Messung des arteriellen Blutdrucks üblicherweise mit der Methode nach Riva-Rocci mit Hilfe einer Druckmanschette durchgeführt. Die Methode nach Riva-Rocci läßt eine kontinuierliche Erfassung des Blutdrucks während der Ausübung einer Tätigkeit nicht zu; zur Messung ist jeweils eine kurze Tätigkeitsunterbrechung erforderlich. In Sonderfällen wird zur Messung auch ein Katheter in ein arterielles Blutgefäß eingeführt. Dieses invasive Verfahren ist wegen der Einführung des Katheters mit besonderen Gefahren verbunden. Weiterhin läßt es einen ungestörten Ablauf der Tätigkeit nicht zu. Aufgrund dieser Nachteile der beiden Verfahren wird die Messung des Blutdrucks bei arbeitsphysiologischen Untersuchungen kaum verwendet.

6.2 Energieumsatz — Arbeitsenergieumsatz

Beim lebenden Organismus erfolgt die Energieumwandlung und die Kräfteerzeugung durch die Verbrennung von Nahrung. Diese Umwandlung der Nahrung erfordert die Zuführung von Sauerstoff. Aus der Menge des bei der Ausführung einer Tätigkeit verbrauchten Sauerstoffs und der Menge des entstandenen Kohlendioxids läßt sich eine Aussage über

den Energieumsatz machen (Lehmann, 1953; Koelsch, 1954).

An dieser Stelle sollen nur solche Verfahren zur Messung des Sauerstoffverbrauchs und damit auch des Energieumsatzes beschrieben werden, die in arbeitsphysiologischen Untersuchungen anwendbar sind (sogenannte offene Systeme).

Im folgenden sollen die am weitesten verbreiteten Meßverfahren „Douglas-Sack“ und „Respirationsgasuhr“ beschrieben werden. Für beide Verfahren gilt die Annahme, daß der Sauerstoffgehalt der Außenluft lediglich in vernachlässigbarer Weise schwankt und zwischen 20,8 % und 21 % liegt (Hettinger, 1981 b). Es empfiehlt sich jedoch zur Bestimmung des genauen Sauerstoffgehalts, vor Untersuchungsbeginn eine Analyse der Außenluft vorzunehmen. Für eine überschlagsmäßige Abschätzung kann für den Verbrauch von einem Liter Sauerstoff ein Energieumsatz von 20,3 kJ angenommen werden.

Der Douglas-Sack besteht heute in der Regel aus einem leichten Kunststoffmaterial und besitzt ein Fassungsvermögen von 200 l bis 250 l. Zur Durchführung der Energieumsatzmessung wird die Außenluft während der Tätigkeit über ein in einem Mundstück oder einer Halbmaske integriertes Ventil eingeatmet, die

ausgeatmete Luft wird über einen Schlauch in den Sack geleitet und aufgefangen. Bei der Verwendung eines Mundstücks ist darauf zu achten, daß zusätzlich eine Nasenklemme verwendet wird, da sonst eine Verfälschung der Messung durch das Ausatmen aus der Nase auftreten würde. Des Weiteren sollte der Sack während der Messung nicht zu stark gefüllt werden, da sich der Atemwiderstand mit zunehmender Füllung vergrößert und dadurch die Atmung verändert sein kann. Bei längeren Versuchen sollten deswegen mehrere Säcke hintereinandergeschaltet werden. Aufgrund des großen Fassungsvermögens und der daraus resultierenden Behinderung bei der Ausübung der zu untersuchenden Tätigkeit ist der Anwendungsbereich dieser Methode vornehmlich auf Laboruntersuchungen oder stationäre Arbeitsplätze beschränkt. Hierbei kann der Sack neben dem Probanden aufgebaut werden, er muß dann nicht vom Probanden getragen werden.

Nach der Messung werden Konzentrationen für Sauerstoff (O_2) und Kohlendioxid (CO_2) des im Douglas-Sack aufgefangenen Ausatemgases mit Hilfe spezifischer Gasanalyseverfahren bestimmt und das im Sack vorhandene Gasvolumen gemessen. Ein dazu übliches Verfahren besteht darin, das Gas durch eine Gasuhr zu drücken oder zu pumpen. Die Gasuhr registriert dabei das durchflosse-

5 Methoden zur Erfassung von Kenngrößen der Belastung und Beanspruchung

ne Gasvolumen. Aus den Meßwerten für das Gasvolumen und den O₂- und CO₂-Konzentrationen wird der Energieumsatz berechnet.

Eine Methode, die sich auch zur Durchführung von Untersuchungen an nicht-ortsfesten Arbeitsplätzen eignet, ist die Ermittlung des Energieumsatzes mit Hilfe einer Respirationsgasuhr. Hierbei handelt es sich um eine Gasuhr, die während der Durchführung der zu untersuchenden Tätigkeit auf dem Rücken getragen werden kann. Das Gewicht dieser Gasuhr beträgt ca. 3 kg (Hettinger, 1981 b).

Zur Ermittlung des Energieumsatzes wird über ein Atemventil das ausgeatmete Gas durch die Gasuhr geleitet und das ausgeatmete Luftvolumen jedes Atemzuges gemessen. Zusätzlich wird ein geringer Anteil der ausgeatmeten Luft in eine Gummiblase geleitet. Die hier gesammelte Luft wird am Ende der Untersuchung zur Analyse des Sauerstoff- und des Kohlendioxid-Gehaltes verwendet. Bei der Durchführung der Analyse ist zu beachten, daß sie unmittelbar nach Abschluß der Messung erfolgt, da sich wegen der nicht vernachlässigbaren Durchlässigkeit der Gummiblase das Luftgemisch im Inneren der Blase durch Diffusionseffekte verändern kann. Kann die Analyse nicht unmittelbar nach der Messung erfolgen, so sollte die aus-

geatmete Luft in einen Rezipienten (z.B. ein beidseitig verschließbarer Glasbehälter) gefüllt werden, so daß ein nachträgliches Vermischen mit der Außenluft ausgeschlossen werden kann. Der Energieumsatz wird wie bei der Douglas-Sack-Methode aus Atemvolumen und O₂- und CO₂-Konzentration berechnet.

Beide im vorherigen Abschnitt beschriebenen Verfahren wurden von Lehmann et al. (1950) zur Ermittlung des Energieumsatzes bei verschiedenen schweren dynamischen Arbeiten in Felduntersuchungen eingesetzt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in Tabellen zusammengestellt und dienen als Grundlage der Entwicklung von Berechnungs- und Schätzverfahren für die Ermittlung des Arbeitsenergieumsatzes (siehe hierzu auch Abschnitt 8.1).

In einer neueren Untersuchung von Henkel et al. (1983) wurde der Energieumsatz von Frauen ermittelt, die Lager- und Transporttätigkeiten ausführten. Die Ermittlung des Energieverbrauchs erfolgte mit Hilfe einer Respirationsgasuhr. Das Ziel der Untersuchung war die Bestimmung geschlechtsbedingter Unterschiede des Energieumsatzes bei der Ausführung von Transporttätigkeiten (siehe auch Abschnitt 8.1.3.2)

6.3 Körpertemperatur

Auch die Veränderung der Körpertemperatur bei Belastung kann als Beurteilungskriterium der Arbeitsschwere herangezogen werden. Bei der Messung dieser Größe ist jedoch zu beachten, daß der Anstieg der Körpertemperatur relativ träge auf die Belastung reagiert (Hettinger, 1981 b).

Bei arbeitsphysiologischen Untersuchungen werden vor allem die Körperkern-temperatur und die Hauttemperatur gemessen. Zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten ist die Körperkern-temperatur vor allem bei zusätzlichen klimatischen Einflüssen von Bedeutung.

Zur Bestimmung der Körperkerntemperatur werden vornehmlich zwei Verfahren bei arbeitsphysiologischen Untersuchungen verwendet. Einerseits kann die Kerntemperatur mit einem Temperaturfühler, der auf dem Halbleiterprinzip beruht, ermittelt werden. Der Widerstand des Halbleiters nimmt mit steigender Temperatur ab, so daß bei bekannter Kennlinie die Temperatur bestimmt werden kann. Der Temperaturfühler wird zur Messung entweder in den Mastdarm, die Speiseröhre oder den Gehörgang eingeführt. Aufgrund der für die meisten Menschen unangenehmen und störenden Wirkung ist diese Art der Ermittlung der Körperkerntemperatur eher für Laborunter-

suchungen geeignet (Hettinger, 1981 b). Andererseits kann die Körperkerntemperatur auch mit Hilfe von sogenannten „Thermopillen“, die vom Probanden geschluckt werden, ermittelt werden. Die Temperatursignale werden über einen Telemetriesender, der in der Pille integriert ist, übertragen. Ein Problem bei dieser Meßmethode ist die Bestimmung der genauen Lage der Kapsel während der Messung (Hettinger, 1981 b).

6.4 Reaktionen der Muskulatur

Alle Kräfte, die vom Körper nach außen abgegeben werden oder innerhalb des Körpers — z.B. zur Stabilisierung der Körperhaltung — aufgebracht werden, entstehen bei der Kontraktion von Muskeln. Die dabei abgegebene mechanische Energie entsteht aus der Umwandlung von chemischer Nahrungsenergie. Die Steuerung der Muskelkontraktion erfolgt über elektrische Signale, die vom steuernden Nerv über spezielle Kontaktelemente — die motorischen Endplatten — auf die Muskulatur übertragen werden, sich dort ausbreiten und den mechanischen Kontraktionsvorgang auslösen.

Mit Hilfe der Methode der Elektromyographie (siehe Abschnitt 6.4.1) werden elektrische Potentialdifferenzen gemessen, die von elektrischen Vorgängen auf

5 Methoden zur Erfassung von Kenngrößen der Belastung und Beanspruchung

der Muskelfaser ausgehen und somit unmittelbar Aufschluß über die elektrischen Ursachen der Muskelkontraktion geben. Weitere Meßgrößen zur Beurteilung der Muskelfunktionen bei mechanischer Arbeit sind die maximal mögliche Kontraktionskraft eines Muskels (siehe Abschnitt 6.4.2) und die mögliche Tätigkeitsdauer (siehe Abschnitt 6.4.3).

6.4.1 Elektromyogramm (EMG)

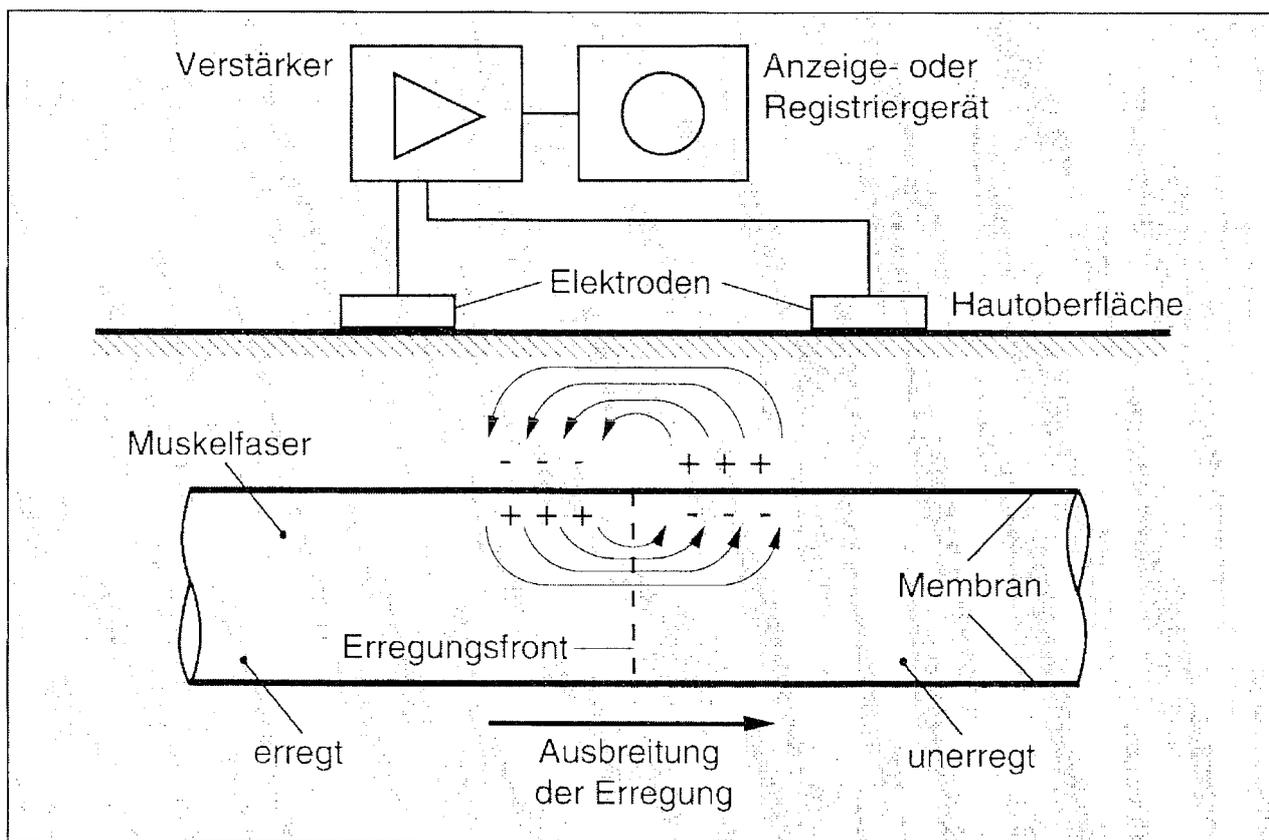
Eine Methode zur Erfassung von physiologischen Vorgängen, die bei Belastung im Muskel ablaufen, ist die Ableitung des Elektromyogramms (EMG). Mit Hilfe dieser Methode können die Beanspruchung und die Ermüdung einzelner Muskeln oder Muskelgruppen ermittelt werden. Zur Messung wird bei arbeitsphysiologischen und ergonomischen Untersuchungen die nicht-invasive Methode der Oberflächenelektromyographie angewendet, während bei klinischen Anwendungen häufig die invasive Methode der Nadelelektromyographie Verwendung findet. Bei der Elektromyographie werden elektrische Signale registriert, die ursächlich mit der Muskelkontraktion zusammenhängen (Einzelheiten zu ihrer Entstehung werden im nächsten Absatz erläutert). Mit steigender Kraftentwicklung und bei zunehmender Ermüdung werden diese elektrischen Signale grö-

ßer, so daß sie ein Maß für den „organischen Aufwand“ darstellen (Luttmann und Laurig, 1986).

Bei einer Erregung des Muskels breitet sich entlang der Muskelfaser ein elektrisches Signal, das sogenannte Aktionspotential, als Erregungsfront aus. Zwischen dem erregten Teil und dem nicht erregten Teil der Faser kommt es aufgrund der Potentialunterschiede zu einem Stromfluß. Die in das elektrische Strömungsfeld eingebrachten Oberflächen-elektroden registrieren die entstehenden Potentialdifferenzen als sogenanntes Elektromyogramm (Luttmann et al., 1992). Bei der Darstellung in Abbildung 8 handelt es sich um ein Modell für die Ableitung von Oberflächen-Elektromyogrammen. Im realen Fall werden sehr viele Aktionspotentiale unterschiedlicher Muskelfasern abgeleitet, so daß sich eine Überlagerung der Potentiale ergibt (Laurig, 1977).

Zur Ableitung werden die Oberflächen-elektroden mit Hilfe von Klebefolien auf der Haut über dem zu untersuchenden Muskel befestigt. Zur Registrierung können am Körper getragene Einheiten (Laurig und Smolka, 1980) oder telemetrische Übertragungssysteme verwendet werden (Ballé et al., 1982; Luttmann und Laurig, 1986). In beiden Fällen ist es unbedingt erforderlich, dafür zu sorgen, daß bei der späteren Analyse

Abbildung 8:
Schematische Darstellung der Ableitung eines Oberflächen-Elektromyogramms
(Luttmann et al., 1992)¹⁾



¹⁾ Erstveröffentlichung in der Zeitschrift „Medizinisch Orthopädische Technik“, Ausgabe 6/92, S. 319 und 320

Meßzeitpunkt, Elektromyogramm und Tätigkeit einander genau zugeordnet werden können. Für diese Zuordnung ist in der Regel ein Handprotokoll nicht geeignet. Bewährt hat sich dagegen eine Tätigkeitscodierung. Dazu wird während der Datenaufnahme die aktuelle Tätigkeit des Probanden von einem Beobachter mit Hilfe einer Zifferntastatur in ein elek-

trisches Codesignal umgesetzt. Das Codesignal wird dann zusammen mit den Elektromyogrammen auf dem gleichen Speichermedium aufgezeichnet (Ballé et al., 1982; Luttmann et al., 1988 b). Es kann dann bei der Auswertung zur exakten Zuordnung von Tätigkeit und Elektromyogramm herangezogen werden.

6 Methoden zur Erfassung von Kenngrößen der Belastung und Beanspruchung

Arbeitsphysiologische Untersuchungen mit Hilfe der Elektromyographie können einerseits in Laborstudien, in denen praxisnahe Bedingungen eingerichtet werden, durchgeführt werden. Andererseits hat es sich bewährt, Untersuchungen unter realen Bedingungen vor Ort vorzunehmen, da die Belastung und Beanspruchung der Arbeitspersonen dann den realistischen Bedingungen entsprechen.

Das Verfahren der Elektromyographie wurde beispielsweise in einer Studie von Laurig et al. (1985) bei „Untersuchungen zum Gesundheitsrisiko beim Heben und Umsetzen schwerer Lasten im Baugewerbe“ eingesetzt. Hierbei wurden Elektromyogramme der Rückenmuskulatur im Lendenwirbelbereich und der Armmuskulatur bei der Ausführung von Greifbewegungen beim Mauern abgeleitet und ausgewertet (Jäger et al., 1985). Bei einer Untersuchung der Belastung und der Beanspruchung von Müllwerkern beim Transport von Müllbehältern wurden Elektromyogramme an der Oberarm-, der Oberschenkel- und der Rückenmuskulatur abgeleitet und ausgewertet. Mit Hilfe dieser Daten und biomechanischer Aspekte (siehe Abschnitt 7.3) konnte eine Aussage über die Handhabung von Müllbehältern mit einem Fassungsvermögen von 110 Litern bis 1,1 m³ gemacht werden (Jäger et al., 1984).

In einer weiteren Untersuchung, die in einer mechanischen Weberei durchgeführt wurde (Luttmann et al., 1985), konnte mit Hilfe von EMG-Ableitungen an der Armmuskulatur beim Heben und Aufstecken von Garnrollen die maximal mögliche ununterbrochene Tätigkeitsdauer ermittelt und somit ein physiologisch begründetes Arbeitszeit-Pausenschema angegeben werden.

6.4.2 Maximalkraft

Die Maximalkraft beschreibt die Leistungsfähigkeit eines Muskels; sie wird daher oftmals für Referenzzwecke angewendet. Infolge Ermüdung kann sie im Verlaufe einer langdauernden Belastung abfallen. Durch die Bestimmung der Maximalkraft während einer Tätigkeit kann man Aufschlüsse über die noch vorhandene Leistungsfähigkeit oder über die eingetretene Ermüdung gewinnen.

Die Verfahren zur Ermittlung der Maximalkraft eines Muskels lassen sich nach Hettinger (1981 b) in subjektive Methoden (z.B. Händedruck), semiobjektive Methoden (z.B. Dynamometrie) und objektive Methoden (z.B. Muskelquerschnittsmessung) einteilen. Innerhalb der hier vorliegenden Zusammenstellung von Methoden zur Erfassung physiologischer Größen soll nur die Methode der Dynamometrie beschrieben werden, da sie zu

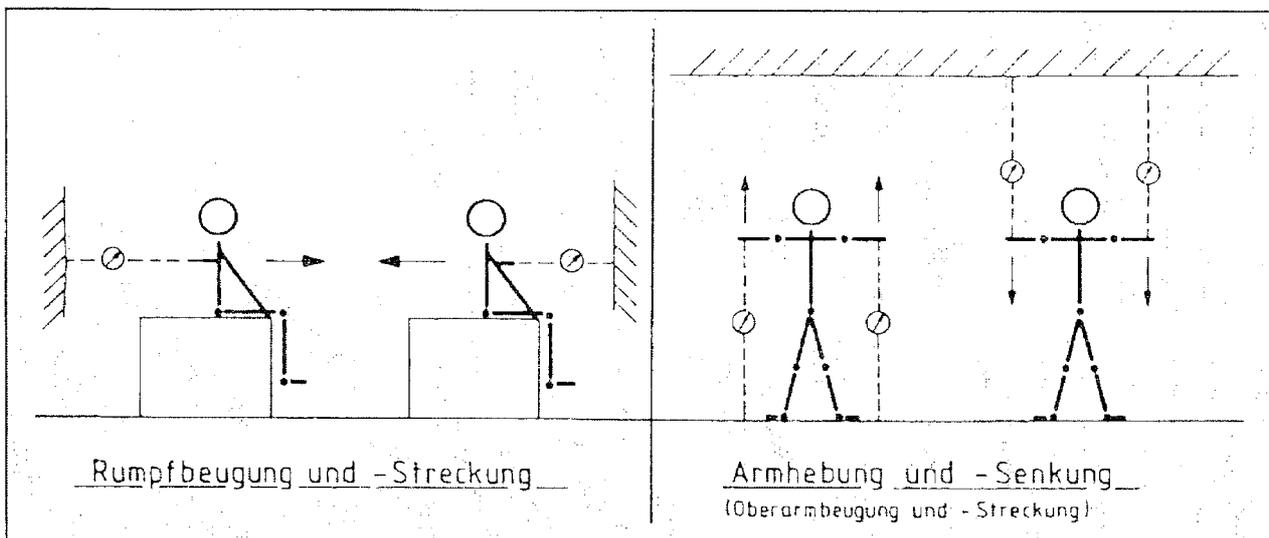
den am häufigsten verwendeten Verfahren gehört.

Bei der Messung der Maximalkraft eines Muskels oder einer Muskelgruppe wird die Kraft, die durch isometrische Kontraktion des Muskels nach außen abgegeben wird, ermittelt. Zur Messung stehen Kraftmeßgeräte (sogenannte Dynamometer) zur Verfügung, die auf die individuellen Körperabmessungen der Probanden einzustellen sind. Bei der Durchführung einer Untersuchung ist darauf zu achten, daß für alle Probanden gleiche Bedingungen (vor allem gleiche Körperhaltungen) vorhanden

sind, um einen Vergleich der Ergebnisse zu ermöglichen. In Abbildung 9 sind beispielhaft schematische Anordnungen zur Messung der Maximalkräfte der Rumpf- beuge- und -streckmuskulatur sowie der Muskulatur zum Anheben und Absenken der Arme dargestellt.

Der Nachteil bei der Ermittlung der Maximalkraft mit Hilfe von semiobjektiven Methoden ist die Abhängigkeit des Ergebnisses von der persönlichen Motivation der Probanden. Durch diesen Einfluß können Verfälschungen der Meß- ergebnisse nicht in allen Fällen ausgeschlossen werden.

Abbildung 9:
Schematische Anordnungen zur Messung der Maximalkräfte der Rumpf- beuge- und -streckmuskulatur sowie der Kräfte bei Arm- hebung und -senkung (Heitinger, 1981 b)



6 Methoden zur Erfassung von Kenngrößen der Belastung und Beanspruchung

In den Abschnitten 8.7.4 und 8.7.5 werden Verfahren beschrieben, deren Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten auf Maximalkraftwerten basiert.

6.4.3 Ausdauer

Eine andere Größe zur Kennzeichnung der Leistungsfähigkeit eines Muskels ist die Ausdauer. Hängt die Höhe der Maximalkraft eines Muskels entscheidend von der Muskellänge und vom Querschnitt des Muskels ab, so spielt für die Ausdauer eines Muskels die Durchblutung eine wichtige Rolle (Rohmert, 1960a; Grandjean, 1962). Bei der Ermittlung der Ausdauer wird zwischen statischer und dynamischer Arbeit unterschieden.

Zur Ermittlung der Ausdauer eines Muskels bei statischer Arbeit wird folgende Vorgehensweise eingehalten:

□ Zunächst wird die bei maximaler isometrischer Muskelanspannung abgegebene Kraft eines Muskels ermittelt. Hierbei ist bei der Vorbereitung der Untersuchungsanordnung darauf zu achten, daß der wesentliche Anteil der abgegebenen Kraft von dem zu untersuchenden Muskel erzeugt wird. Eine ausschließlich von nur einem Muskel erzeugte Kraft läßt sich praktisch nicht verwirklichen.

□ Im zweiten Schritt werden unter Einhaltung der Körperhaltung Testgewichte unterschiedlicher Massen bis zur Erschöpfung gehalten. Es zeigt sich, daß die so ermittelte Ausdauer sich für unterschiedliche Personen und verschiedene Muskeln als eine einheitliche Funktion der relativen Kraft (aktuelle Kraft/Maximalkraft) angeben läßt (Rohmert 1981; siehe hierzu Abschnitt 7.2.3).

Die maximale Ausdauer bei dynamischer Arbeit kann mit Hilfe von Ergometern ermittelt werden. Da zur Ausführung dynamischer Vorgänge wie Bewegungen von Körpergliedern in der Regel mehrere Muskeln oder Muskelgruppen aktiviert werden (Synergist und Antagonist), ist die maximale Ausdauer bei dynamischer Arbeit nicht auf einen Muskel zu beziehen. Zur Ermittlung der Ausdauer bei einer definierten Arbeitsaufgabe wird der zu untersuchende Teil des Körpers in einem vorgegebenen Rhythmus gegen einen definierten Widerstand bewegt und die Ausdauer bestimmt (Hettinger, 1981 b).

6.5 Intraabdominaldruck

Beim Heben schwerer Lasten wird zur Stabilisierung der Wirbelsäule die Bauchmuskulatur durch die sogenannte Bauchpresse angespannt. Die Folge dieses Anspannens ist ein erhöhter Intra-

abdominaldruck (Bauchrauminnendruck). Die Ermittlung des Intraabdominaldrucks kann dadurch erfolgen, daß eine mit einem Druckaufnehmer und einem Radiosender versehene Kapsel (ähnlich wie bei der Temperaturmessung in Abschnitt 6.3 beschrieben) vom jeweiligen Probanden geschluckt wird. Während der Ausführung der zu untersuchenden Tätigkeit werden auf diese Weise elektrische Signale, die vom Intraabdominaldruck abhängig sind, vom Körperinneren an ein Empfangsgerät übertragen.

In Abschnitt 8.4 wird ein Verfahren zur Beurteilung von Lastenmanipulationen angegeben, das auf der Anwendung dieses Verfahrens zur Messung des Bauchrauminnendrucks beruht. Weitere praktische Anwendungen des Verfahrens liegen beispielsweise aus einer Untersuchung der Belastung und Beanspruchung beim Vermauern von Kalksandsteinen (Landau, 1984) oder aus einer Untersuchung zur Abhängigkeit zwischen Intraabdominaldruck und Wirbelsäulenbelastung vor (McGill und Norman, 1987).

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

Die in Kapitel 2 vorgestellten Literaturstudien lassen vermuten, daß bei Personen, die berufsbedingt Lasten manuell handhaben, eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung besteht. Die Erkennung und damit auch die zukünftige Vermeidung solcher Gefährdungen setzt eine zuverlässige Ermittlung der Belastung und Beanspruchung anhand geeigneter Kriterien voraus. Im folgenden werden in der Literatur beschriebene Beurteilungskriterien für die Bereiche Energieumsatz und kardiopulmonales System (Abschnitt 7.1), Muskulatur (Abschnitt 7.2) und Wirbelsäule (Abschnitt 7.3) genannt und um Ansätze ergänzt, in denen die Beurteilung von Tätigkeiten anhand des Intraabdominaldrucks (Abschnitt 7.3.3) und aufgrund psychophysikalischer Methoden (Abschnitt 7.4) vorgenommen wird. Die meisten der im folgenden beschriebenen Beurteilungskriterien werden in den in Kapitel 8 zusammengestellten Verfahren zur Bewertung und Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten als Kriterien herangezogen.

7.1 Energetische und kardiopulmonale Kriterien

Die Ausführung von Hebe- und Tragetätigkeiten ist mit einer Erhöhung des Energieumsatzes sowie einer verstärkten

Tätigkeit des Herz-Kreislauf-Systems und der Atmung verbunden. Insbesondere bei längerdauernden Tätigkeiten sind Meßgrößen, die die Aktivität dieser Organe und Organsysteme beschreiben, zur Beurteilung geeignet.

7.1.1 Dauerleistungsgrenze

Erste Bemühungen zur Bestimmung einer sogenannten „Dauerleistungsgrenze“ gehen auf Untersuchungen von Karrasch und Müller (1951) zurück. Aus ihren Untersuchungen wurde folgende Schlussfolgerung gezogen, aus der später der Begriff „Dauerleistungsgrenze“ hervorging:

„Es besteht [...] ein Minimum der Arbeitspulssumme, das zugleich den Grenzwert der Leistung angibt, der noch ohne eine mit der Arbeitsdauer zunehmende Erholungspulssumme möglich ist. Diese Leistung ist offenbar die Grenzleistung, bei der Ermüdung und Erholung ins Gleichgewicht kommen und mit der daher stundenlang weitergearbeitet werden kann.“

Eine modernere Definition des dann später eingeführten Begriffs „Dauerleistungsgrenze“ wird zum Beispiel von Rohmert (1981) gegeben:

„Die Dauerleistungsgrenze charakterisiert die Fähigkeit des Körpers, die verschie-

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

denen inneren Gleichgewichte während der Muskelarbeit in das höchstmögliche 'Steady State' der Muskelarbeit zu bringen.“

Dieser Bereich ausgeglichener Bilanz ist über die Dauer einer Arbeitsschicht, also über acht Stunden, einzuhalten. Dabei muß davon ausgegangen werden, daß die für einen Betrieb üblichen Pausen eingehalten werden und somit nicht über acht Stunden lang ununterbrochen gearbeitet wird (Laurig, 1992). Die durch die berufliche Tätigkeit auftretenden Ermüdungserscheinungen sollten zwischen zwei Arbeitsschichten vollständig abgebaut werden können, so daß sich der Körper zu Beginn der neuen Arbeitsschicht auf einem Niveau befindet, das eine gleiche Leistung wie am Vortag ermöglicht (Hettinger, 1981 b). Durch die Dauerleistungsgrenze wird somit der Bereich beschrieben, bei dem es auch bei ständiger Wiederholung nicht zur Akkumulation von Ermüdung kommt. Dabei ist davon auszugehen, daß Tätigkeiten mit Belastungen, die ständig und über längere Zeit oberhalb der Dauerleistungsgrenze liegen, ein erhöhtes Risiko für den Menschen bedeuten und somit bei solchen Tätigkeiten von einer erhöhten Gesundheitsgefährdung ausgegangen werden kann. Die Einhaltung der Dauerleistungsgrenze wird üblicherweise anhand der Pulsfrequenz, des Energieumsatzes oder der individuellen

maximal möglichen Sauerstoffaufnahme überprüft.

7.1.1.1 Dauerleistungsgrenze auf Basis der Pulsfrequenz

Das Beurteilungskriterium der Dauerleistungsgrenze auf Basis der Pulsfrequenz ist die Arbeitspulsfrequenz. Diese wird aus der Differenz der Gesamtpulsfrequenz und der Ruhepulsfrequenz ermittelt.

$$\text{Arbeitspulsfrequenz} = \text{Gesamtpulsfrequenz} - \text{Ruhepulsfrequenz}$$

Der Grenzwert der Arbeitspulsfrequenz, der die Dauerleistungsgrenze bildet, hängt von der Körperstellung bei der Ermittlung der Ruhepulsfrequenz ab. Wird der Ruhepuls im Liegen gemessen, so werden als Dauerleistungsgrenze 40 Arbeitspulse/Minute angenommen, wird er im Sitzen gemessen, so verringert sich die Dauerleistungsgrenze auf 35 Arbeitspulse/Minute. Bei Ermittlung der Ruhepulsfrequenz im Stehen wird nochmals von einer Verringerung der Dauerleistungsgrenze um fünf Arbeitspulse/Minute auf 30 Arbeitspulse/Minute ausgegangen (Hettinger, 1981 b). Bei der Ermittlung des Ruhepulses ist darauf zu achten, daß der Proband vor der Messung eine ausreichende Zeit der Erholung von zuvor ausgeführten Tätigkei-

ten hat, da sonst eine Verfälschung durch eine noch erhöhte Pulsfrequenz auftritt.

7.1.1.2 Dauerleistungsgrenze auf Basis der individuellen maximal möglichen Sauerstoffaufnahme

Ein weiteres Kriterium zur Festlegung einer Dauerleistungsgrenze ist die individuelle maximal mögliche Sauerstoffaufnahme $\dot{V}O_{2,max}$. Dabei wird die Dauerleistungsgrenze als prozentualer Anteil dieser maximal möglichen Sauerstoffaufnahme angegeben. Bei der Setzung der Dauerleistungsgrenze nach diesem Kriterium wird als Belastungszeitraum eine 8-Stunden-Schicht zugrunde gelegt. In der Literatur werden verschiedene Grenzwerte für die Dauerleistungsgrenze auf Basis dieses Kriteriums diskutiert. Einige dieser Grenzwerte sind in Tabelle 10 zusammengestellt (nach Rutenfranz, 1985). Da es sich bei diesem Kri-

terium um eine individuelle, also personenbezogene, Größe handelt, wird bei der Setzung der Grenzwerte keine Unterscheidung zwischen Männern und Frauen vorgenommen.

Rutenfranz (1985) schlägt für dynamische Arbeiten ohne zusätzliche Pausen eine Dauerleistungsgrenze von 30 % und für eine zwischen statischen und dynamischen Anteilen wechselnde Arbeit mit zusätzlichen Pausen eine Dauerleistungsgrenze von 50 % der individuellen maximal möglichen Sauerstoffaufnahme vor.

7.1.1.3 Dauerleistungsgrenze auf Basis des Energieumsatzes

Die für die Dauerleistungsgrenze auf Basis des Energieumsatzes relevante Meßgröße ist der Arbeitsenergieumsatz. Der Arbeitsenergieumsatz kennzeichnet den Teil des gesamten Energieumsatzes,

Tabelle 10:
Beispiel verschiedener Dauerleistungsgrenzen auf Basis der individuellen maximal möglichen Sauerstoffaufnahme $\dot{V}O_{2,max}$ (nach Rutenfranz, 1985)

Autoren	Dauerleistungsgrenze als Anteil von $\dot{V}O_{2,max}$
Astrand, 1960	50 %
Michael et al., 1961	35 %
Bonjer, 1971	30 %
Petrofsky und Lind, 1978 a, b	25 %

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

der durch die Arbeit bedingt ist. Er ergibt sich aus dem gemessenen oder berechneten Gesamtenergieumsatz, vermindert um den Grundumsatz. Als Grundumsatz wird der Umsatz bezeichnet, der zur Erhaltung der lebenswichtigen Grundfunktionen des Körpers erforderlich ist.

Arbeitsenergieumsatz = Gesamtenergieumsatz – Grundumsatz

Die Maßeinheit für den Arbeitsenergieumsatz ist das Kilo-Joule (kJ). In älteren Literaturstellen wird in der Regel die vor 1978 übliche Maßeinheit Kilokalorien (kcal) verwendet. Der Umrechnungsfaktor beträgt ca. 4,19 (1 kcal \approx 4,19 kJ). Um eine Vergleichbarkeit des ermittelten Arbeitsenergieumsatzes (siehe Abschnitt 6.2) mit der Dauerleistungsgrenze gewährleisten zu können, wird häufig der auf eine Minute bezogene Arbeitsenergieumsatz (kJ/min) genannt, der im eigentlichen Sinne eine Leistung wiedergibt. In einem späteren Kapitel (siehe Kapitel 8) werden Verfahren zur Bestimmung des Arbeitsenergieumsatzes/Minute (kJ/min) angegeben.

Die in Abschnitt 7.1.1 gegebene Definition der Dauerleistungsgrenze gilt in der allgemeinen Form auch für die Dauerleistungsgrenze beim Arbeitsenergieumsatz. Bei der Angabe der Dauerleistungsgrenze für den Arbeitsenergie-

umsatz wird im allgemeinen von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Der Betrachtungszeitraum umfaßt eine Arbeitsschicht von acht Stunden Dauer bei einer 40-Stunden-Woche.
- In der Regel wird ein Körpergewicht der ausführenden Person von 70 kg angenommen.

Die Zahlenwerte für die Dauerleistungsgrenze sind in der Literatur nicht einheitlich angegeben, da sie von Einflußfaktoren wie Geschlecht, Körpergewicht oder Trainingszustand sowie der Art der muskulären Arbeit abhängig sind. Zudem liegen nicht bei allen Untersuchungen die oben genannten Voraussetzungen zugrunde. Aus diesen Gründen kommt es zu Unterschieden bei der Festlegung der Dauerleistungsgrenze. Dies wird weiterhin daran deutlich, daß in einigen Literaturstellen keine festen Werte, sondern Grenzbereiche genannt werden (Tabelle 11).

7.1.2 Körperkerntemperatur

Die Körperkerntemperatur des Menschen beträgt etwa 37 °C. Dieser Wert wird auch bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen und bei unterschiedlichem Stoffwechsel innerhalb einer geringen Schwankungsbreite konstant gehalten.

Tabelle 11:
Beispiele für gesetzte Dauerleistungsgrenzen auf Basis des Energieumsatzes verschiedener Autoren
(n.g. = nicht genannt)

Autoren	Grenzwert [kJ/min]		Grenzbereich [kJ/min]	
	Männer	Frauen	Männer	Frauen
Chaffin, 1972	21,8	n.g.	n.g.	n.g.
Häublein, 1979	16,8	n.g.	n.g.	n.g.
Rutenfranz, 1983	18,4	n.g.	n.g.	n.g.
Schmidtke, 1989	18,0	n.g.	n.g.	n.g.
Hettinger et al., 1989	n.g.	n.g.	16 - 20	11 - 13
Mital et al., 1993	16,7	12,6	n.g.	n.g.

Dabei gibt es interindividuelle Unterschiede; die Spannweite umfaßt nahezu 2 °C (Wenzel und Piekarski, 1985). Intraindividuell weist die Körperkerntemperatur eine ausgeprägte Tagesperiodik auf. Die Schwankungsbreite der Temperaturperiodik kann mehr als 1,5 °C betragen (Aschoff, 1971). Eine Erhöhung der Körperkerntemperatur wird beispielsweise durch muskuläre Arbeit verursacht. Als obere zulässige Grenze gilt nach Hettinger (1981 b) eine Körperkerntemperatur von 38,5 °C. Die Körperkerntemperatur stellt besonders dann ein geeignetes Kriterium zur Beurteilung von

Tätigkeiten dar, wenn mechanische Arbeit bei gleichzeitiger Klimabelastung ausgeführt wird („Hitzearbeit“).

7.2 Muskuläre Kriterien

Zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten sind Aussagen zur Leistungsfähigkeit der Muskulatur von besonderer Bedeutung, da die Muskeln die kraft-erzeugenden Organe sind. Mögliche Kennzeichen der Leistungsfähigkeit eines Muskels oder einer Muskelgruppe sind die maximale Dauer, über die eine

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

Tätigkeit ausgeführt werden kann, die Maximalkraft, die ein Muskel erzeugen kann, und die maximale Dauer, über die Haltevorgänge ausgeführt werden können.

7.2.1 Maximale Tätigkeitsdauer

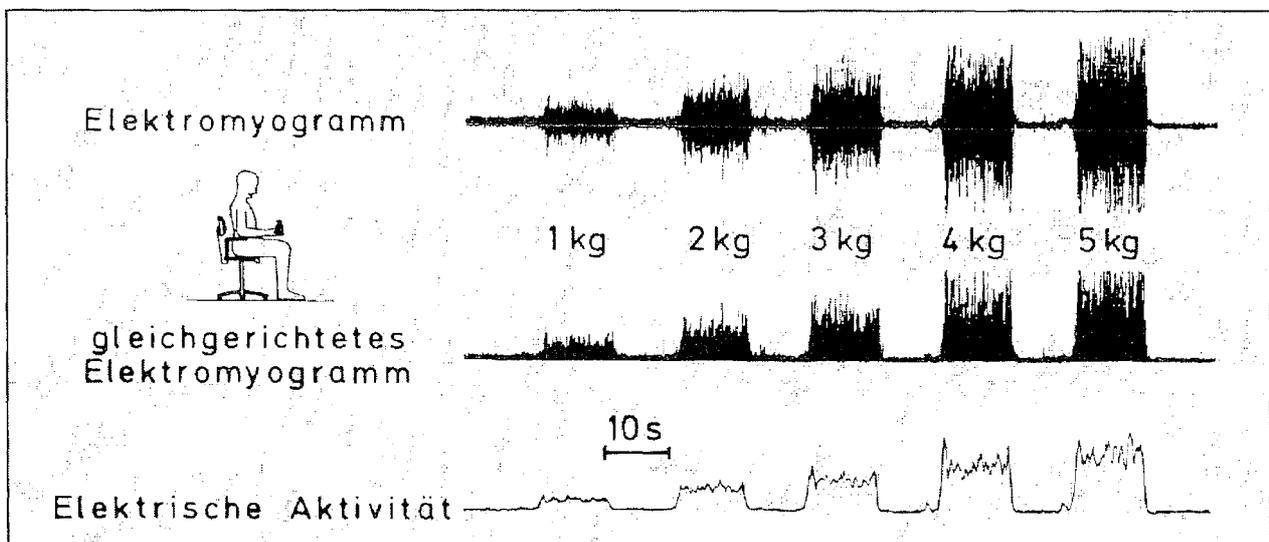
Die Dauer, über die eine bestimmte Tätigkeit maximal ununterbrochen ausgeführt werden kann (Ausdauer), hängt von der Höhe der Belastung, von der Art der Belastung (statisch oder dynamisch) und der Häufigkeit, mit der Be-

lastung und Entlastung aufeinanderfolgen, ab. Im folgenden wird ein Verfahren zur Bestimmung der Ausdauer mit Hilfe von Elektromyogrammen vorgestellt.

Das Meßprinzip der Elektromyographie wurde bereits in Abschnitt 6.4.1 erläutert. In Abbildung 10 wird ein mit dieser Methode abgeleitetes typisches Elektromyogramm und dessen Weiterverarbeitung zur Elektrischen Aktivität (EA) dargestellt. Das Roh-Elektromyogramm (obere Spur) wird gleichgerichtet (mittlere Spur) und integriert (untere Spur).

Abbildung 10:

Elektromyogramm des musculus biceps brachii beim Halten verschiedener Gewichte (obere Spur) und Bestimmung der Elektrischen Aktivität durch Gleichrichtung und Integration (mittlere und untere Spur) (Luttmann et al., 1992)¹⁾



¹⁾ Erstveröffentlichung in der Zeitschrift „Medizinisch Orthopädische Technik“, Ausgabe 6/92, S. 319 und 320

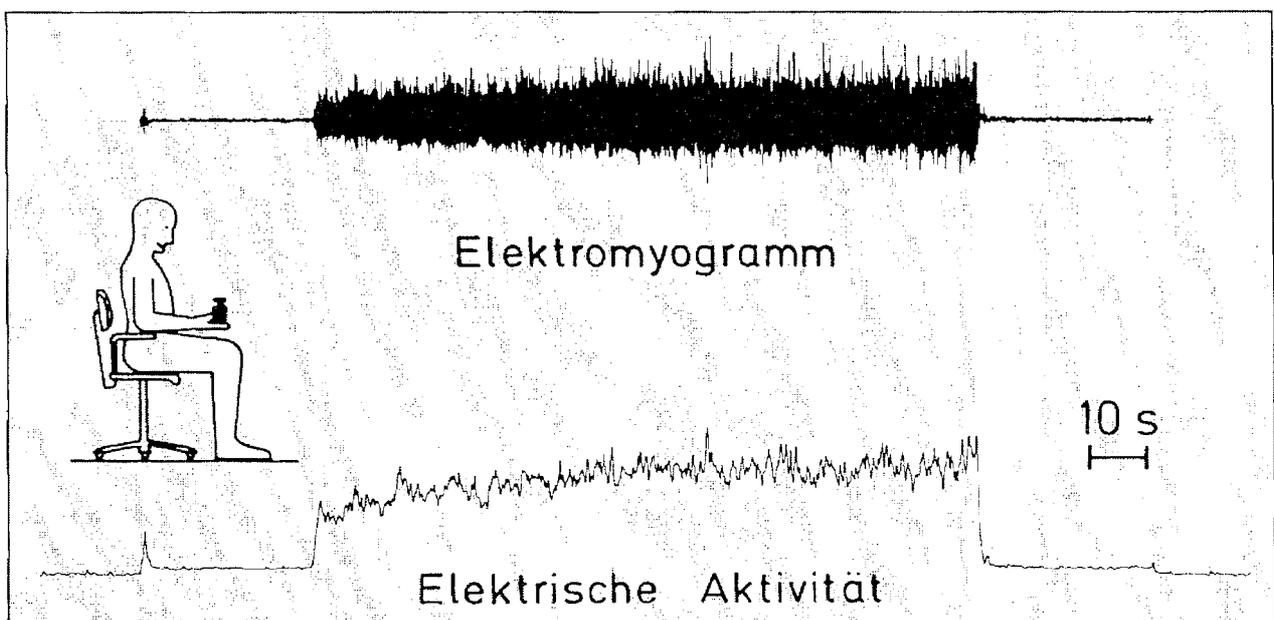
Weiterhin zeigt Abbildung 10, daß sich bei zunehmender Belastung eine höhere EMG-Amplitude und damit eine höhere Elektrische Aktivität ergibt.

Abbildung 11 zeigt ein Elektromyogramm und die zugehörige Elektrische Aktivität beim Halten einer Last. Die Registrierungen zeigen, daß die Elektrische Aktivität trotz gleichbleibender Belastungshöhe über die Belastungsdauer zunehmen kann. Dieser EA-Anstieg wird als ermüdungsbedingte Veränderung erklärt.

Laurig (1974) hat den Zusammenhang zwischen ermüdungsbedingtem EA-Anstieg und der maximal möglichen Tätigkeitsdauer bei statischer und dynamischer Muskelarbeit quantitativ untersucht. Ein Ergebnis dieser Untersuchung ist der in Abbildung 12 (siehe Seite 60) dargestellte Zusammenhang. Danach ist bei geringen Anstiegen mit einer großen Ausdauer und bei hohen Anstiegen mit einer geringen Ausdauer zu rechnen. In der Abbildung sind die Regressionsgerade und der Vertrauensbereich angegeben. Bei Kenntnis des prozentualen An-

Abbildung 11:

Elektromyogramm und Elektrische Aktivität des musculus biceps brachii beim Halten eines Gewichtes von 5 kg bis zum Abbruch infolge von Erschöpfung (Luttmann et al., 1992)¹⁾

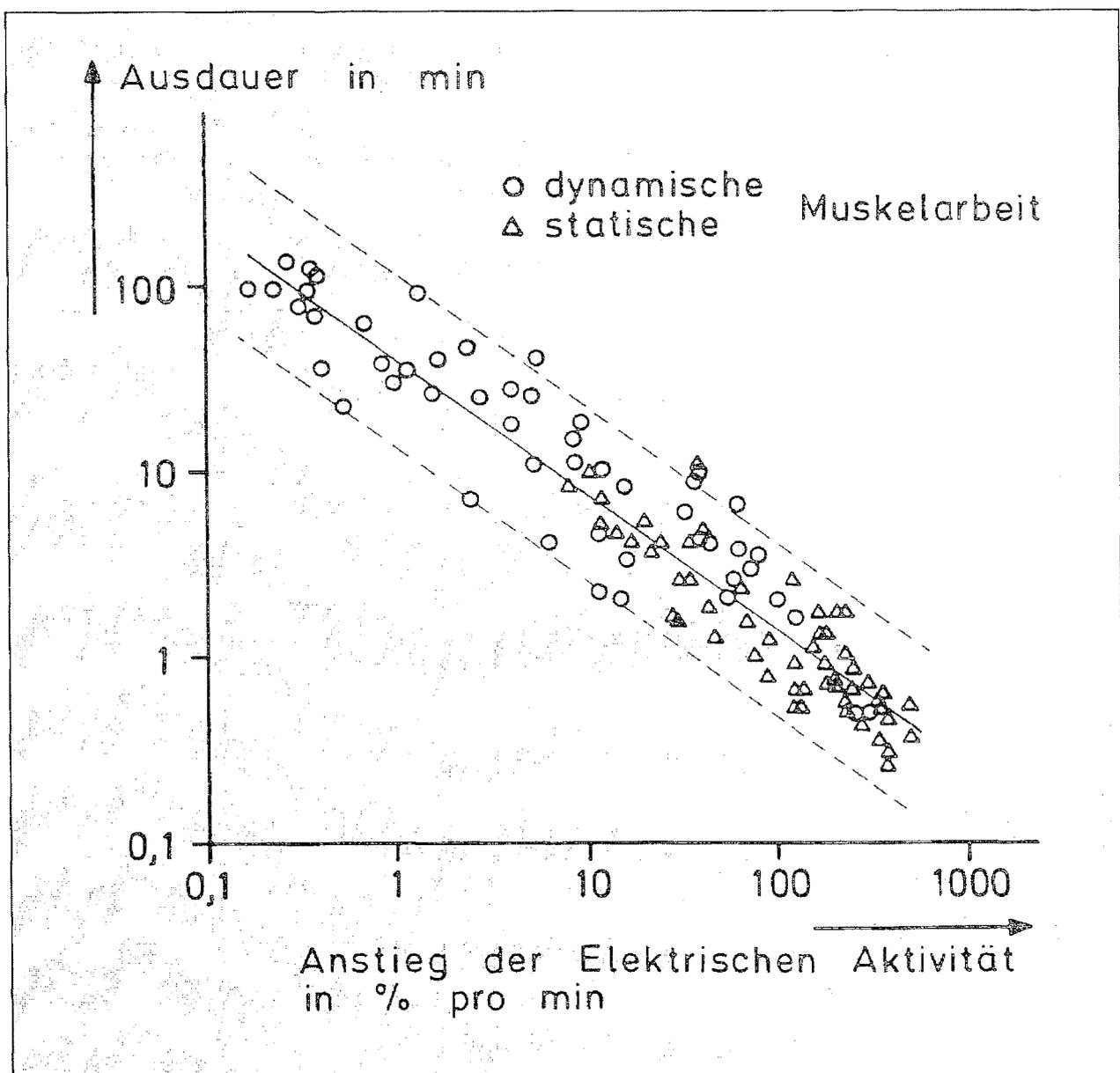


¹⁾ Erstveröffentlichung in der Zeitschrift „Medizinisch Orthopädische Technik“, Ausgabe 6/92, S. 319 und 320

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

Abbildung 12:

Zusammenhang zwischen der maximal möglichen Tätigkeitsdauer bei statischer und dynamischer Muskelarbeit und dem Anstieg der Elektrischen Aktivität der arbeitenden Muskulatur, angegeben durch Meßwerte, Regressionsgerade und Vertrauensbereich (nach Laurig, 1974; aus Luttmann et al., 1992)¹⁾



¹⁾ Erstveröffentlichung in der Zeitschrift „Medizinisch Orthopädische Technik“, Ausgabe 6/92, S. 319 und 320

stieges der Elektrischen Aktivität pro Minute kann über diesen Zusammenhang die zu erwartende maximal mögliche Tätigkeitsdauer eines Arbeitsvorgangs geschätzt werden.

7.2.2 Maximalkraft

Der Mensch ist nur dann in der Lage, eine Last zu heben oder zu tragen, wenn seine individuelle Kraft ausreicht, diese Tätigkeiten auszuführen. Übersteigt beispielsweise beim senkrechten Anheben einer Last die Gewichtskraft der Last die Maximalkraft eines Menschen, so ist diese Tätigkeit für diesen Menschen nicht ausführbar.

In zahlreichen Untersuchungen (z.B. Rohmert, 1960 a und b; Rohmert, 1961; Rohmert und Hettinger, 1963, oder Rohmert und Jenik, 1972) wurden statische Aktionskräfte in unterschiedlichen Stellungen ermittelt. Ergebnisse solcher Untersuchungen wurden in DIN 33 411, Teil 4 (1987) „Maximale statische Aktionskräfte“, zusammengestellt. Die maximalen statischen Aktionskräfte sind in der Norm in Form von Isodynen (Kurven gleicher Krafterzeugung) dargestellt. Die für Hebe- und Tragetätigkeiten relevanten Aktionskräfte sind an einem Untersuchungskollektiv von fünf Männern mit einem mittleren Alter von 22,8 Jahren ($\pm 2,2$ Jahre) für den Fall einer ein-

händigen Kraftausübung und an einem Untersuchungskollektiv von sieben Männern mit einem mittleren Alter von 23,7 Jahren ($\pm 0,8$ Jahre) für den Fall beidhändiger Kraftausübung bestimmt worden. Des Weiteren wurden die Aktionskräfte in Abhängigkeit vom Seitenwinkel β , der das Ausstellen des Armes zur Seite angibt (siehe Abbildung 13 auf Seite 62), ermittelt.

Für Hebe- und Tragetätigkeiten sind folgende Aktionskräfte in Abhängigkeit des Seitenwinkels β relevant:

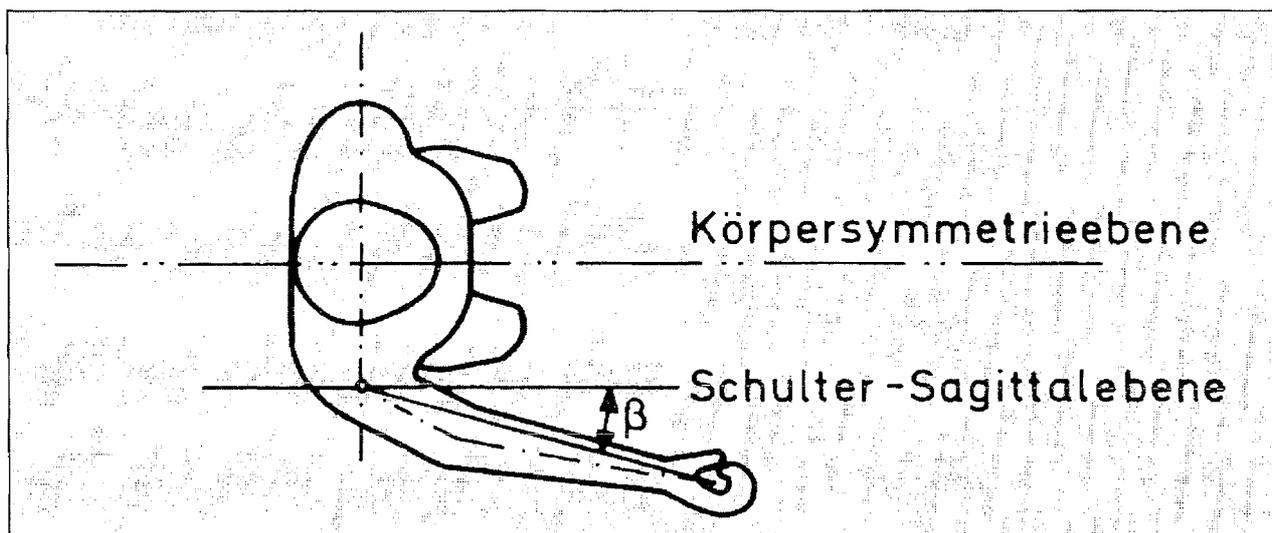
einhändige Ausführung mit senkrecht nach oben gerichteter Kraft (Abbildung 14, siehe Seite 63)

beidhändige Ausführung mit senkrecht nach oben gerichteter Kraft (Abbildung 15, siehe Seite 63)

Bei der Verwendung der gezeigten Werte für die maximalen Aktionskräfte ist zu beachten, daß sie nur für Männer im Alter der Personen zutreffen, die im Untersuchungskollektiv zur Verfügung standen. Eine direkte Übertragung der Normwerte auf Personen anderen Alters oder Geschlechts ist nicht zulässig, da sie zu einer Überschätzung der tatsächlichen maximalen Aktionskräfte führen würde. So beträgt beispielsweise die Maximalkraft eines 65jährigen Mannes noch etwa 70 % der einer 20- bis

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

Abbildung 13:
Darstellung des Seitenwinkels β in der Draufsicht (nach DIN 33 411, Teil 1, 1982)¹⁾



¹⁾ Wiedergegeben mit der Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

30jährigen Person (Hettinger, 1991 a). Messungen statischer Aktionskräfte bei Frauen wurden von Rohmert (1960 a) oder Rohmert und Jenik (1972) durchgeführt, aber für die oben genannten Krafrichtungen nicht genormt. Von Hettinger wurde bereits 1958 auf Basis von zahlreichen Untersuchungen der Literatur eine relative Alters- und Geschlechtsabhängigkeit der Maximalkraft erarbeitet, mit deren Hilfe Aussagen über mittlere Maximalkräfte von Personen unterschiedlichen Alters und Geschlechts gemacht werden können. Diese Relation ist in Abbildung 16 (siehe Seite 64) dargestellt.

7.2.3 Haltedauer

Die maximale Dauer, über die eine Last gehalten werden kann (maximale Haltedauer), ist ein weiteres Beurteilungskriterium von Hebe- und Tragetätigkeiten. Im Verlaufe einer statischen Haltearbeit sinkt die Fähigkeit der Muskulatur zur Krafterzeugung; die Muskulatur ermüdet. Als Maß für die aktuelle Leistungsfähigkeit kann die maximale Kraft angegeben werden, die die Muskulatur zu diesem Zeitpunkt noch erzeugen kann. Die Veränderung der Maximalkraft in Abhängigkeit von der Haltedauer wurde von

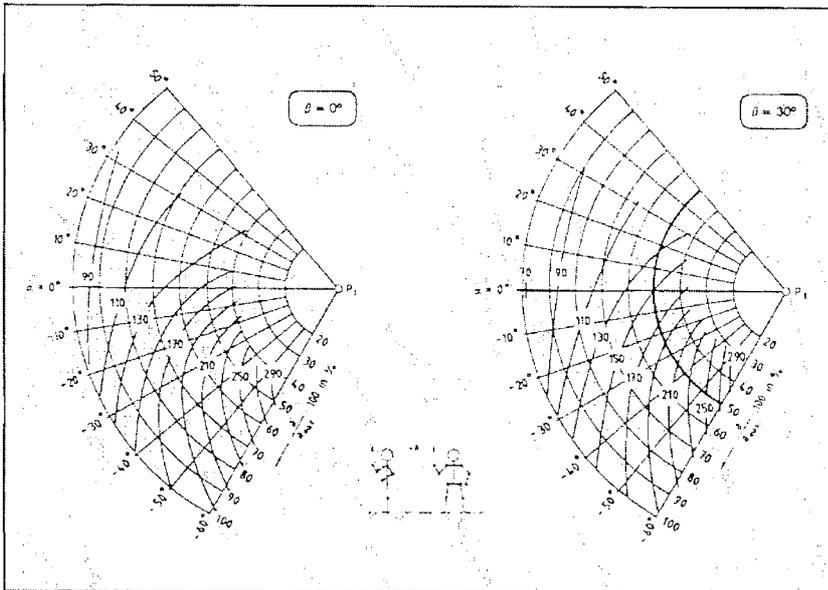


Abbildung 14:
Isodynensysteme statischer Aktionskräfte; Kräfte in Newton, Krafrichtung senkrecht nach oben, einhändige Ausführung (DIN 33 411, Teil 4, 1987)¹⁾

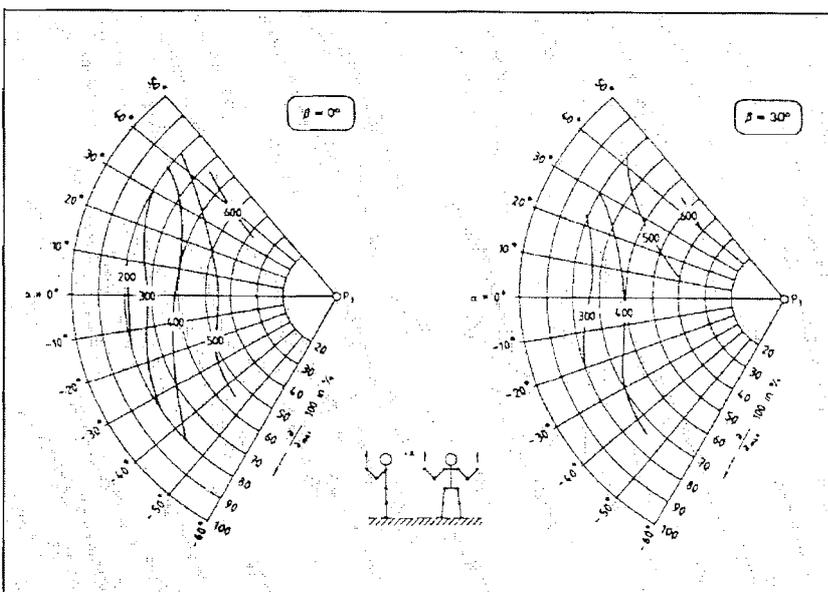
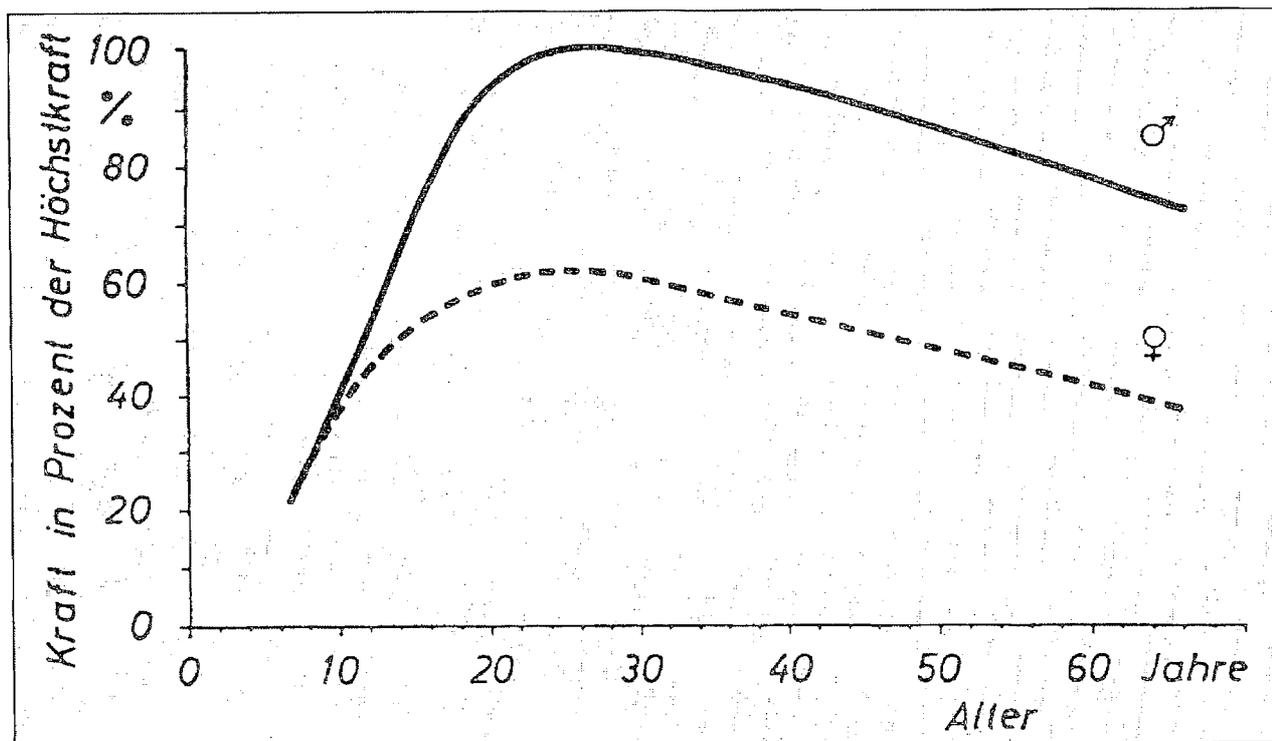


Abbildung 15:
Isodynensysteme statischer Aktionskräfte; Kräfte in Newton, Krafrichtung senkrecht nach oben, beidhändige Ausführung (DIN 33 411, Teil 4, 1987)¹⁾

¹⁾ Wiedergegeben mit der Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

Abbildung 16:
Kraft in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht (nach Hettinger, 1958)



Rohmert (1960 a und b; 1961 und 1962) systematisch untersucht und beschrieben. Aus diesen Untersuchungen ergeben sich folgende Aussagen:

- Beträgt die verlangte Haltekraft weniger als 15 % der anfänglichen Maximalkraft, so ist keine Abnahme der Maximalkraft zu erkennen; die sogenannte Dauerleistungsgrenze der maximalen Ausdauer wird nicht überschritten.
- Je länger die Ausführungsdauer einer über 15 % der Maximalkraft

liegenden Haltekraft ist, um so geringer ist die verbleibende Maximalkraft nach Beendigung der Haltearbeit.

- Je größer die verlangten Kräfte für eine statische Haltearbeit sind, um so stärker ist die Herabsetzung der verbleibenden Maximalkraft
- wird eine Haltearbeit bis zur Erschöpfung ausgeführt, so ist die verbleibende Maximalkraft gleich der für die Tätigkeit verlangten Haltekraft.

Die Zeit bis zur Erschöpfung wird als maximale Haltedauer bezeichnet.

□ Die Abhängigkeit der maximalen Haltedauer T von der Haltekraft k und der individuellen Maximalkraft K läßt sich nach Rohmert (1962) wie folgt beschreiben:

$$T = -1,5 + \frac{2,1}{\left(\frac{k}{K}\right)} - \frac{0,6}{\left(\frac{k}{K}\right)^2} + \frac{0,1}{\left(\frac{k}{K}\right)^3}$$

k = verlangte Haltekraft in Newton
 K = individuelle Maximalkraft in Newton
 T = maximale Haltedauer in Minuten

An der graphischen Darstellung dieser Beziehung in Abbildung 17 (siehe Seite 66) wird deutlich, daß bei einer Haltekraft von 15 % der Maximalkraft die maximale Haltedauer nicht begrenzt ist (= „Dauerleistungsgrenze“).

7.3 Skelettale Kriterien

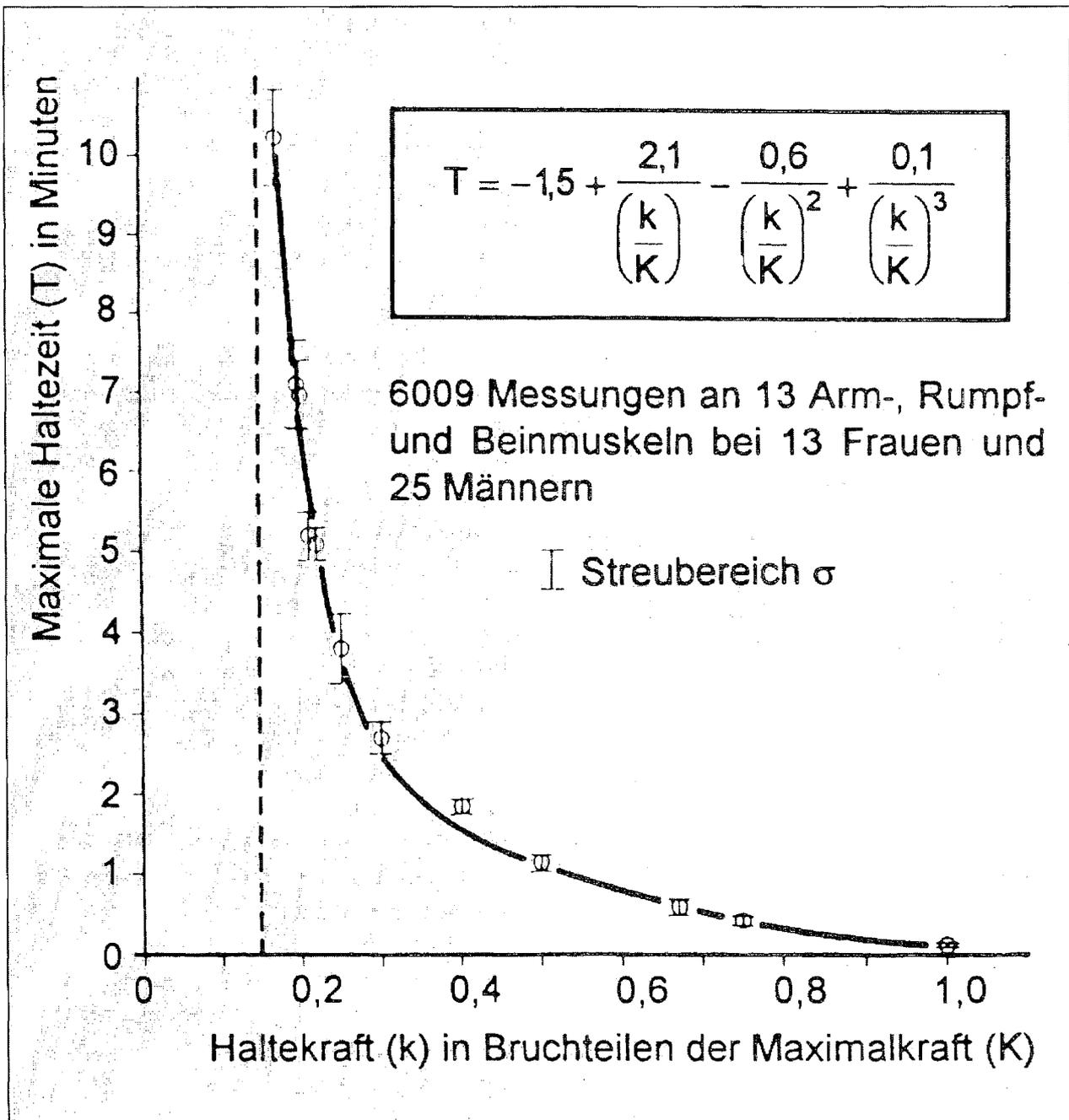
Die erhöhte Häufigkeit von skelettalen Erkrankungen bei Personen, die berufsbedingt Lasten transportieren, läßt eine besondere Gefährdung der Wirbelsäule durch solche Tätigkeiten vermuten. Der größte Teil der orthopädischen Erkran-

kungen ist dabei im lumbalen Abschnitt der Wirbelsäule lokalisiert (Zusammenstellungen epidemiologischer Studien bei Luttmann et al., 1988 a, und Bolm-Audorff, 1993; siehe auch Kapitel 3).

Eine wahrscheinlich besondere Gefährdung der Wirbelsäule ergibt sich aus der nachweisbaren hohen mechanischen Belastung, die bei der Manipulation von Lasten in diesem Teil des Skeletts auftritt. Die Belastung kann mit biomechanischen Modellrechnungen quantifiziert werden. Kenngrößen der Belastung sind bei diesem biomechanischen Ansatz die Kräfte und die Momente, die auf die Wirbelsäule wirken. Zur Beurteilung der über die Lendenwirbelsäule übertragenen Kräfte kann die wirkende Kraft mit der Strukturfestigkeit der tragenden Elemente der Wirbelsäule verglichen werden. Meßwerte der Strukturfestigkeit stehen in ausreichendem Maße nur für die Kompressionsfestigkeit zur Verfügung (siehe Abschnitt 7.3.1). Zur Beurteilung der Belastungshöhe anhand des übertragenen Moments steht eine Momentenklassifikation (siehe Abschnitt 7.3.2) zur Verfügung. Die Festigkeit bei anderen Belastungsarten wie Scherung, Flexion, Extension oder Torsion ist bisher nur unzureichend untersucht (Jäger und Luttmann, 1992).

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

Abbildung 17:
Maximale Ausdauer in Abhängigkeit von einer statisch ausgeübten Muskelkraft
(nach Rohmert, 1962)



7.3.1 Kompressionsfestigkeit der Wirbelsäule

Eine direkte Messung der Festigkeit der Wirbelsäule oder einzelner Segmente bei Lebenden ist nicht möglich. Deshalb stammen die zur Beurteilung der Kompressionsfestigkeit der Wirbelsäule verwendeten Daten aus Messungen an Leichenpräparaten. Verschiedene Forschungsgruppen haben solche Festig-

keitsuntersuchungen in Druckversuchen durchgeführt und dokumentiert (Tabelle 12). Anhand einer statistischen Analyse wurden daraus als wesentliche Einflußgrößen für die Kompressionsfestigkeit das Alter und das Geschlecht ermittelt. Die Ergebnisse dieser Analyse zeigt Abbildung 18 (siehe Seite 68), wobei die Altersabhängigkeit der Festigkeitswerte in der Steigung der Regressionsgeraden zum Ausdruck kommt.

Tabelle 12:
Festigkeitswerte aus statischen Druckversuchen (N = Anzahl der untersuchten Präparate; n = Anzahl der berücksichtigten Untersuchungen) (Jäger et al., 1991 a)

Autoren	N	n	Druckkraft in kN	
			Mittelwert	Standardabweichung
Wyss und Ulrich (1954)	8	8	5,89	2,24
Brown et al. (1957)	5	5	5,20	0,54
Perey (1957)	145	142	5,15	2,10
Decoux und Rieunau (1958)	9	9	4,41	1,14
Evans und Lissner (1959)	11	11	3,51	1,22
Roaf (1960)	18	3	4,83	2,06
Eie (1966)	25	16	3,70	1,60
Farfan (1973)	65	39	3,84	1,22
Hutton et al. (1979)	58	23	5,35	2,67
Hansson et al. (1980)	109	109	3,85	1,71
Hutton und Adams (1982)	33	33	7,83	2,87
Brinckmann und Horst (1983)	22	22	6,42	2,00
Brinckmann et al. (1989)	98	87	5,35	1,76
Frauen		132	3,97	1,50
Männer		174	5,81	2,58
gesamt	606	507	4,96	2,20

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

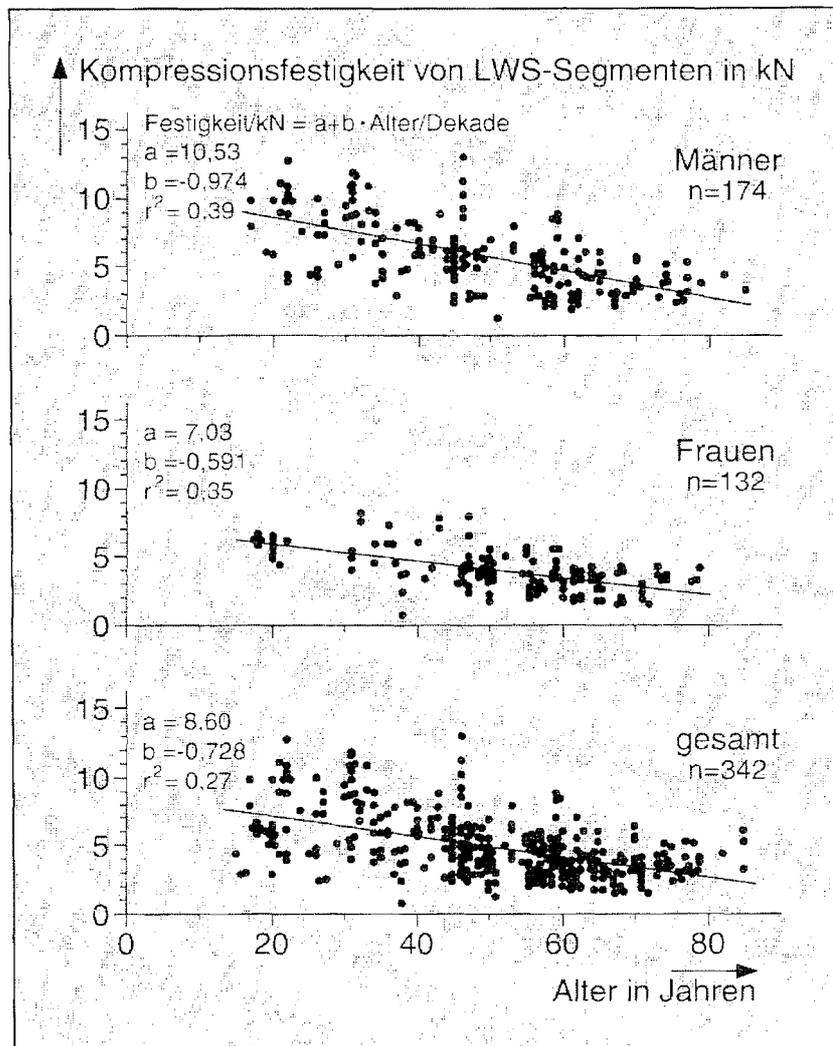


Abbildung 18:
Mittlere Kompressionsfestigkeit der Lendenwirbelsäule in Abhängigkeit vom Alter für Männer, Frauen und das Gesamtkollektiv (Jäger et al., 1992)¹⁾

¹⁾ Erstveröffentlichung in der Zeitschrift „Medizinisch Orthopädische Technik“, Ausgabe 6/92, S. 306 - 308

Ausgehend von diesen Messungen wurden Richtwerte für die maximale lumbale Kompressionsbelastung beim Handhaben von Lasten abgeleitet. Die Empfehlungen berücksichtigen sowohl Alters- als auch Geschlechtsunterschiede; sie sind in Tabelle 13 wiedergegeben.

7.3.2 Klassifikation von Momentenwerten

Ein Klassifizierungsschema zur Beurteilung der Belastung der Wirbelsäule nach dem Moment am Lenden-Kreuzbein-Übergang (Moment am Wirbelsäulen-

Tabelle 13:

Auf Basis von Festigkeitswerten der Lendenwirbelsäule abgeleitete Richtwerte für die maximale lumbale Kompressionsbelastung beim Handhaben von Lasten (nach Jäger und Luttmann, 1994)

Alter in Jahren	maximale lumbale Kompressionsbelastung in kN	
	Frauen	Männer
20	4,4	6,0
30	3,8	5,0
40	3,2	4,0
50	2,6	3,0
≥ 60	2,0	2,0

segment L5-S1) wurde von Tichauer (1975; 1978) vorgeschlagen. In diesem Klassifizierungsschema werden je nach Höhe des auftretenden Moments Anforderungen oder Einschränkungen zur Konstitution der ausführenden Personen, zum Geschlecht, zum Übungsgrad oder zu arbeitsorganisatorischen Bedingungen wie beispielsweise Pausen genannt. Das Klassifizierungsschema zeigt Tabelle 14 (siehe Seite 70). Zusätzlich beinhaltet die Tabelle Kriterien zur Beurteilung der mechanischen Belastung (Belastungsstufen und Belastungsintensitäten), die Hector und Jäger (1994) für die Entwicklung eines wissensbasierten Systems (ErgonEXPERT, siehe Abschnitt 8.8) verwendeten. Die im Original von Tichauer verwendete Maßeinheit „inch · pound“ (in.lb) wurde in die übliche Maßeinheit „Newton · Meter“ (Nm) umgerechnet.

7.3.3 Intraabdominaldruck

Bei der Bewertung von Lastenmanipulationen über den Bauchrauminnendruck (Intraabdominaldruck) wird davon ausgegangen, daß ein reproduzierbarer Zusammenhang zwischen der Höhe des Intraabdominaldrucks und der Wirbelsäulenbelastung besteht. Davis und Stubbs (1977 a) geben an, daß es bei Personen zu einer signifikant erhöhten Häufigkeit von Rückenbeschwerden kam, wenn häufig Lasten zu heben waren, die zu einem Abdominaldruck von mehr als 13,3 kPa (100 mm Hg) führten. Aufgrund dieser Untersuchungen wurde von Davis und Stubbs (1977 a und b; 1978) der Grenzwert, bei dessen Überschreitung mit einer erhöhten Gesundheitsgefährdung gerechnet werden muß, auf 12,0 kPa (90 mm Hg) gesetzt.

7 Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten

Tabelle 14:

Schema zur Klassifikation von Momentenwerten nach Tichauer (1975; 1978) und Kriterien nach Hecktor und Jäger (1994)

Moment an L5-S1 (M_{L5-S1}) in Nm	Belastung, Arbeitsschwere	Anforderungen oder Einschränkungen	Belastungsstufe	Belastungsintensität
$M_{L5-S1} < 40$	leicht, mühelos	ungeübte Personen, Frauen oder Männer, Konstitution unerheblich	1	gering belastend
$40 \leq M_{L5-S1} < 85$	mittelschwer	guter Körperbau, einige Übung	2	Überlastung möglich
$85 \leq M_{L5-S1} < 135$	schwer	ausgewählte Personen, eingehende Schulung, Ruhepausen	3	Überlastung wahrscheinlich
$135 \leq M_{L5-S1}$	sehr schwer	große Sorgfalt bei der Personenauswahl und Schulung, Schichtabschnitte	4	Überlastung sehr wahrscheinlich

7.4 Psychophysikalische Kriterien

Im Bereich der Psychophysik werden subjektive Empfindungen in bezug auf die Einschätzung physikalischer Größen (z.B. Gewicht, Helligkeit oder Temperatur) analysiert. Hinsichtlich Hebe- und Tragetätigkeiten wird untersucht, welche Lasten für die jeweiligen Probanden in Abhängigkeit unterschiedlicher Einflußgrößen (Körperentfernung, Hubhöhe oder Ausgangshöhe) noch als akzeptabel angesehen werden. Das Beurtei-

lungskriterium für diese sogenannten „maximal akzeptierten Lasten“ ist dann die subjektive Einschätzung des Befragten bezüglich der Ausführbarkeit der vorgegebenen Arbeitsaufgabe. Der Proband variiert das Gewicht der Last so lange, bis er die für ihn maximal akzeptierbare Last erreicht hat. Das Absolutmaß des Lastgewichts ist dem Probanden dabei während der Versuchsdurchführung nicht bekannt; es wird nach der Festlegung bestimmt (Krause et al., 1994).

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Unter Anwendung der zuvor beschriebenen Methoden und Beurteilungskriterien sind auf der Basis zahlreicher Labor- und Feldstudien verschiedene praxisorientierte Verfahren zur Bewertung und Beurteilung (Laurig, 1992) von Tätigkeiten, die mit der Handhabung von Lasten verbunden sind, entwickelt worden. In den vorhergehenden Kapiteln wurde dargestellt, daß die manuelle Manipulation von Lasten eine Belastung für verschiedene Organe und Organsysteme darstellt und daß sich in entsprechender Weise auch die Untersuchungsverfahren unterteilen lassen.

In gleicher Weise können auch die Bewertungs- und Beurteilungsverfahren danach unterschieden werden, welche Art der Belastung sie in den Vordergrund des Interesses stellen. Danach gibt es Verfahren, die den Aspekt des Energieumsatzes und der Energiebereitstellung innerhalb des Körpers vorrangig berücksichtigen (Abschnitt 8.1), weiterhin Verfahren, die die mechanische Belastung insbesondere der Wirbelsäule betrachten (Abschnitt 8.2), sowie Verfahren, die auf den psychophysikalischen Ansätzen der subjektiven Einschätzung von Lasten beruhen (Abschnitt 8.3). Ergänzt werden diese Verfahren durch Methoden zur Körperhaltungsanalyse und -bewertung (Abschnitt 8.4) sowie Verfahren, die zur Beurteilung eines möglichen Gesund-

heitsrisikos die gesamte mechanische Belastung im Verlaufe eines Berufslebens kumulativ betrachten (Abschnitt 8.6). In den sogenannten Kombinationsverfahren (Abschnitt 8.7) werden mehrere Aspekte (meist energetische, biomechanische und psychophysikalische) berücksichtigt. Eine gleichzeitige Anwendung und einen Vergleich verschiedener Bewertungs- und Beurteilungsverfahren ermöglichen rechnergestützte Verfahren auf der Basis wissensbasierter Systeme (Abschnitt 8.8).

In den folgenden Abschnitten sind die wichtigsten praxisrelevanten Verfahren, die in der Literatur beschrieben sind, zusammengestellt. Für die meisten Verfahren sind die zur Anwendung erforderlichen Gleichungen, Diagramme und Tabellen so weit wiedergegeben, daß der Benutzer das jeweilige Verfahren zur Orientierung anwenden kann, ohne auf die Originalliteratur zurückgreifen zu müssen. Sollte dies in Sonderfällen dennoch nötig sein, kann auf die Literaturdokumentation in Kapitel 11 zurückgegriffen werden. Bei Verfahren, die spezielle Einrichtungen benötigen (z.B. alle rechnergestützten Verfahren), sind die Grundlagen und die prinzipielle Vorgehensweise erläutert. Eine Anwendung dieser Verfahren ist allerdings nur unter Verwendung der entsprechenden Hard- und Software möglich.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

8.1 Energieumsatz — Arbeitsenergieumsatz

Messungen des Energieumsatzes, wie sie in Abschnitt 6.2 beschrieben sind, wurden in der Vergangenheit für viele Tätigkeiten und Arbeitsplätze durchgeführt. Die im folgenden beschriebenen „Papier- und Bleistift-Verfahren“ zur Abschätzung des Energieumsatzes oder des Arbeitsenergieumsatzes basieren auf diesen Messungen. Die Abschätzung erfolgt unter Berücksichtigung spezieller Randbedingungen, die für die jeweilige zu analysierende Tätigkeit gelten, unter Verwendung von Tabellen oder Gleichungen.

8.1.1 Tafelwerte

Aus der Literatur sind zahlreiche Messungen des Gesamtenergieumsatzes und des Arbeitsenergieumsatzes bekannt, deren Ergebnisse in Tafeln zusammengestellt sind. So wurde zum Beispiel bereits von Lehmann et al. (1950) der Energieumsatz für unterschiedliche gewerbliche Arbeiten ermittelt. Von Spitzer und Hettinger (1964) wurde der Stand der Erkenntnisse in Form von Tafelwerten für körperliche Arbeit, die sowohl gewerbliche als auch sportliche Aktivitäten betreffen, veröffentlicht. Die in diesen Veröffentlichungen gegebenen Werte sind in der alten Maßeinheit Kilokalorien

(kcal) angegeben und müssen zum Vergleich mit neueren Messungen mit dem Faktor 4,19 in Kilo-Joule (kJ) umgerechnet werden.

Bezüglich des Hebens und des Tragens von Lasten haben die „Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit“ von Spitzer et al. (1982) die größte Bedeutung. Diese Tafelwerte beinhalten Angaben für den Arbeitsenergieumsatz beim Gehen ohne Last in der Ebene, über Steigungen sowie bei Gefälle (Tabelle 15), beim beidhändigen Heben von Lasten (Tabelle 16, siehe Seite 74), beim Tragen von Lasten auf dem Rücken über Steigungen (Tabelle 17, siehe Seite 75) und beim Tragen von Lasten auf dem Rücken über horizontalem Weg (Tabelle 18, siehe Seite 76). Für den Gebrauch dieser Tafelwerte sind folgende Hinweise zu beachten (nach Spitzer et al., 1982):

- Der Arbeitsenergieumsatz ist vornehmlich ein Kriterium zur Beurteilung von mittelschwerer und schwerer dynamischer Muskelarbeit, nicht aber bei statischer Haltarbeit.
- Die Tafelwerte beziehen sich auf Personen mit durchschnittlichem Körpergewicht (Männer ca. 75 kg, Frauen ca. 65 kg).

□ Interpolationen sind unbedenklich, Extrapolationen sind dagegen nur unter Einschränkungen vertretbar.

□ Besondere klimatische Bedingungen müssen besonders behandelt werden; die hier angegebenen Tafelwerte beziehen sich auf Raumtemperaturen zwischen 10 °C und 30 °C, auf mittlere

Luftfeuchtigkeit und einen vernachlässigbaren Einfluß durch Wärmestrahlung.

□ Für die Beurteilung von Arbeiten mit einem rhythmischen Wechsel zwischen kurzen Tätigkeitsabschnitten und lang andauernden Pausen können die Tafelwerte nicht verwendet werden.

Tabelle 15:

Arbeitsenergieumsatz (AEU) beim Gehen ohne Last in der Ebene, bei Steigung sowie bei Gefälle (nach Spitzer et al., 1982)

Gehen ohne Last, glatter Weg – Betriebsbedingungen (Tretbahnwerte + 10 %)			
Steigung [Grad]	Gehgeschwindigkeit [km/h]	AEU/Meter [kJ/m]	AEU/Minute [kJ/min]
0	2	0,23	7,6
	3	0,22	10,8
	4	0,21	14,1
	5	0,22	18,0
	6	0,24	23,9
	7	0,27	31,9
	8	0,32	43,2
	Gehen ohne Last, aufwärts, glatter Weg – Betriebsbedingungen (Tretbahn + 10 %)		
5	1	0,65	10,8
	2	0,46	15,3
	3	0,35	17,6
	4	0,38	25,6
	5	0,42	35,1
10	1	0,81	13,5
	2	0,62	20,7
	3	0,58	27,1
	4	0,65	42,9
	5	0,77	63,9

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 15:
(Fortsetzung)

Gehen ohne Last, aufwärts, glatter Weg – Betriebsbedingungen (Tretbahn + 10 %) (Fortsetzung)			
15	1	1,00	16,6
	2	0,80	26,6
	3	0,80	40,1
Gehen ohne Last, abwärts, glatter Weg – Betriebsbedingungen (Tretbahn + 10 %)			
– 5	5	0,12	9,9
– 10		0,10	8,1
– 15		0,10	8,6
– 20		0,15	13,1
– 25		0,18	14,9
– 30		0,21	17,1

Tabelle 16:
Arbeitsenergieumsatz (AEU) für beidhändiges Heben von Lasten (nach Spitzer et al., 1982)

Gewicht heben Gewicht mit beiden Händen von der Ausgangshöhe auf Endhöhe gebracht			
Last [kg] / Frequenz [Hübe/min]	Ausgangshöhe / Endhöhe [cm]	AEU/Hub [kJ/Hub]	AEU/Minute [kJ/min]
10 / 10	0 / 50	1,53	15,3
	0 / 100	2,39	23,9
	0 / 150	2,90	29,0
	50 / 100	1,03	10,3
	50 / 150	1,60	16,0
	100 / 150	0,67	6,7
20 / 10	0 / 50	1,97	19,7
	0 / 100	3,44	34,4
	0 / 150	4,54	45,4
	50 / 100	1,60	16,0
	50 / 150	2,77	27,7
	100 / 150	1,22	12,2

Tabelle 16:
(Fortsetzung)

Gewicht heben Gewicht mit beiden Händen von der Ausgangshöhe auf Endhöhe gebracht			
Last [kg] / Frequenz [Hübe/min]	Ausgangshöhe / Endhöhe [cm]	AEU/Hüb [kJ/Hüb]	AEU/Minute [kJ/min]
30 / 10	0 / 50	2,77	27,7
	0 / 100	5,40	54,0
	0 / 150	7,94	79,4
	50 / 100	2,65	26,5
	50 / 150	5,04	50,4
	100 / 150	2,73	27,3

Tabelle 17:
Arbeitsenergieumsatz (AEU) für das Tragen von Lasten auf dem Rücken über Steigungen
(nach Spitzer et al., 1982)

Steigen mit Last Schiefe Ebene, glatter Weg, Last auf dem Rücken, Gehgeschwindigkeit 2,5 km/h				
Last [kg]	Steigung [Grad]	Steiggeschwindigkeit [m Höhe/min]	AEU/Höhenmeter [kJ/m Höhe]	AEU/Minute [kJ/min]
0	10	7,25	2,80	20,6
10			2,97	21,8
20			3,48	25,6
30			4,05	29,8
40			4,63	34,0
50			5,25	38,6
0	16	12,0	2,92	34,9
10			3,16	37,8
20			3,69	44,1
30			4,28	51,2
40			4,89	58,4
50			5,62	67,2

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 17:
(Fortsetzung)

Steigen mit Last Schiefe Ebene, glatter Weg, Last auf dem Rücken, Gehgeschwindigkeit 2,5 km/h				
Last [kg]	Steigung [Grad]	Steiggeschwindigkeit [m Höhe/min]	AEU/Höhenmeter [kJ/m Höhe]	AEU/Minute [kJ/min]
0	25	19,5	4,68	55,9
10			5,16	61,7
20			6,04	72,2
30			7,03	84,0
40			8,23	98,3
50			9,52	113,8

Tabelle 18:

Arbeitsenergieumsatz (AEU) für das Tragen von Lasten auf dem Rücken über horizontalem Weg; beim Tragen von Lasten bis 40 kg an hängenden Armen gelten ca. 10 % niedrigere, beim Tragen im Joch ca. 20 % niedrigere, bei einseitigem Tragen 10 bis 15 % höhere Werte (nach Spitzer et al., 1982)

Gehen mit Last Ebene, glatter Weg, Last auf dem Rücken (Werte an Betriebsbedingungen angeglichen)			
Last [kg]	Geschwindigkeit [km/h]	AEU/Meter [kJ/m]	AEU/Minute [kJ/min]
10	4,0	0,23	15,1
	20	0,34	23,0
	30	0,35	23,4
35	3,2	0,35	18,4
	4,8	0,34	26,3
	6,4	0,42	44,8
40	3,2	0,35	18,8
	4,0	0,42	28,1
	4,8	0,38	29,3
	6,4	0,43	46,1
45	3,2	0,35	18,4
	4,8	0,39	30,1
	6,4	0,45	48,2

Tabelle 18:
(Fortsetzung)

Gehen mit Last Ebene, glatter Weg, Last auf dem Rücken (Werte an Betriebsbedingungen angeglichen)			
Last [kg]	Geschwindigkeit [km/h]	AEU/Meter [kJ/m]	AEU/Minute [kJ/min]
50	3,2	0,41	21,7
	4,0	0,40	31,0
	4,8	0,42	32,2
	6,4	0,49	52,0
60	3,2	0,42	22,4
	4,8	0,44	34,1
	6,4	0,53	56,8
65	3,2	0,44	23,2
	4,8	0,47	36,7
	6,4	0,54	57,2
70	3,2	0,49	26,1
	4,8	0,48	36,6
	6,4	0,54	58,1
75	3,5	0,84	49,1
100	3,0	1,26	63,0

8.1.2 Schätzverfahren

Zur Schätzung des Arbeitsenergieumsatzes verschiedener Tätigkeiten wurde von Laurig (1983) ein vereinfachtes Schätzverfahren entwickelt. Grundlage dieses Verfahrens sind die im vorherigen Abschnitt genannten Tafelwerte von Lehmann et al. (1950) und von Spitzer et al. (1982). Unterschieden werden

in diesem Verfahren zwei grundsätzliche Fälle:

1. Fall:
Tätigkeiten ohne gleichzeitige Körperfortbewegung (Tabelle 19, Seite 78)
2. Fall:
Tätigkeiten mit gleichzeitiger Körperfortbewegung (Tabelle 20, Seite 79 f.)

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 19:
Schätzwerte für den Arbeitsenergieumsatz für Arbeiten ohne Körperfortbewegung
(nach Laurig, 1983)

Körperstellung oder Körperhaltung	Schätzwerte (Mittelwert \bar{x} und Spannweite R) für den Arbeitsenergieumsatz für Arbeiten ohne Körperfortbewegung [kJ/min]						
	ohne zusätzliche Belastung \bar{x}	Körperstellung oder -haltung mit zusätzlicher Belastung durch Tätigkeit von Gliedern					
		Tätigkeit der Gliedmaßen	verlangte Kräfte	Bewegungsfrequenz (f) der Gliedmaßen			
				< 30/min		> 30/min	
				\bar{x}	R	\bar{x}	R
sitzen	2	Hände	< 60 N	5	3 - 6	7	5 - 8
		ein Arm	< 60 N	9	5 - 12	12	8 - 22
		beide Arme	< 60 N	11	7 - 18	19	12 - 29
aufrecht stehen	3	Hände	< 60 N	6	4 - 7	8	6 - 9
		ein Arm	< 60 N	10	6 - 13	13	9 - 23
			> 60 N	23	13 - 34	31	23 - 40
		beide Arme	< 60 N	12	8 - 19	20	13 - 30
> 60 N	28		19 - 37	37	30 - 44		
stehen gebückt oder gehockt	4	Hände	< 60 N	7	5 - 8	9	7 - 10
		ein Arm	< 60 N	10	7 - 14	17	10 - 24
			> 60 N	24	14 - 35	32	24 - 41
		beide Arme	< 60 N	15	9 - 20	22	14 - 30
> 60 N	30		20 - 38	38	31 - 45		
Stehen mit zusätzlicher Bewegung des Oberkörpers		Hände	< 60 N	14	12 - 15	15	13 - 17
		ein Arm	< 60 N	17	14 - 21	24	17 - 31
			> 60 N	31	21 - 42	38	31 - 48
		beide Arme	< 60 N	22	16 - 27	30	21 - 38
> 60 N	36		27 - 45	45	38 - 52		

Tabelle 20:
Schätzwerte für den Arbeitsenergieumsatz für Arbeiten mit gleichzeitiger Körperfortbewegung
(nach Laurig, 1983)

II		Schätzwerte (Mittelwert \bar{x} und Spannweite R) für den Arbeitsenergieumsatz für Arbeiten mit Körperfortbewegung [kJ/min]								
Gehgeschwindigkeit v	Steigung	ohne zusätzliche Belastung		Körperfortbewegung durch Gehen oder Steigen mit zusätzlicher Belastung durch Tätigkeit von Gliedern						
		\bar{x}	R	Tätigkeit d. Gliedmaßen (f < 30/min)	verlangte Kräfte F oder zusätzliche Traglasten G					
					\bar{x}	R	\bar{x}	R		
langsam ≤ 4 km/h	ohne	11	8 - 14	Hände	< 60 N	15	9 - 20			
				ein Arm	< 60 N	18	11 - 24			
					> 60 N	31	18 - 45			
				beide Arme	< 60 N	21	13 - 30			
					> 60 N	37	24 - 48			
				Arme u. Oberkörper	< 20 kg	17	15 - 18			
	> 20 kg	20	17 - 24							
	$\approx 10^\circ$	20	15 - 26	Hände	< 60 N	24	16 - 32			
				ein Arm	< 60 N	27	18 - 36			
					> 60 N	41	25 - 57			
beide Arme				< 60 N	31	20 - 42				
				> 60 N	47	31 - 60				
Arme und Oberkörper				< 20 kg	29	26 - 31				
	> 20 kg	36	29 - 42							
≤ 80 Stufen/min	41	37 - 46					< 20 kg	51	44 - 58	
							> 20 kg	66	58 - 74	

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 20:
(Fortsetzung)

II		Schätzwerte (Mittelwert \bar{x} und Spannweite R) für den Arbeitsenergieumsatz für Arbeiten mit Körperfortbewegung [kJ/min]								
Gehgeschwindigkeit v	Steigung	ohne zusätzliche Belastung		Körperfortbewegung durch Gehen oder Steigen mit zusätzlicher Belastung durch Tätigkeit von Gliedern						
		\bar{x}	R	Tätigkeit d. Gliedmaßen (f < 30/min)	verlangte Kräfte F oder zusätzliche Traglasten G					
					\bar{x}	R	\bar{x}	R		
schnell 4-6 km/h	ohne	19	14 - 24	beide Arme	< 60 N	30	19 - 40			
					> 60 N	44	30 - 58			
				Arme u. Oberkörper			< 20 kg	22	18 - 27	
							> 20 kg	28	18 - 39	
	$\approx 10^\circ$	28	26 - 29	beide Arme	keine Meßwerte					
					Arme und Oberkörper			< 20 kg	33	26 - 40
								> 20 kg	47	32 - 63
				Treppe 80-100 Stufen/min		49	40 - 59			< 20 kg
								> 20 kg	87	77 - 98

In Fall 1 werden Körperhaltung und -stellung sowie Kräfte und Bewegungsfrequenzen der Gliedmaßen berücksichtigt. Bei Tätigkeiten mit Körperfortbewegung (Fall 2) werden Fortbewegungs-

geschwindigkeit, zu überwindende Steigung sowie verlangte Kräfte oder zusätzliche Traglasten zur Abschätzung des Arbeitsenergieumsatzes herangezogen.

8.1.3 Berechnungsverfahren

Als Berechnungsverfahren werden in diesem Zusammenhang Verfahren bezeichnet, mit denen durch Formeln, in denen unterschiedliche Einflußgrößen berücksichtigt sind, der Arbeitsenergieumsatz für verschiedenen Tätigkeiten rechnerisch ermittelt werden kann.

8.1.3.1 Transportformel von Spitzer und Hettinger

Von Spitzer und Hettinger (1964) wurde eine Formel entwickelt, die eine Überschlagsrechnung des Energieverbrauches beim Heben und Tragen erlaubt. Diese und eine zweite in diesem Zusammenhang nicht beschriebene Gleichung, die das Schieben und Ziehen von Fahrzeugen beinhaltet, beschreibt das unter der Bezeichnung „Transportformel“ in der Literatur bekannte Verfahren zur Bestimmung des Arbeitsenergieumsatzes bei Transporttätigkeiten. In der ursprünglichen Fassung wird der Energieverbrauch in der Maßeinheit kcal/h angegeben. Um die heute übliche Maßeinheit kJ/min zu erhalten, wurden die Angaben der Konstanten in die Maßeinheit kJ umgerechnet (Faktor 4,19), und die Angabe der Zahl der Lastgänge n ist pro Minute anzugeben. Die Formel bezieht sich auf Personen mit einem mittleren Körpergewicht von 70 kg.

Der Formel von Spitzer und Hettinger (1964) liegt dabei folgende Beschreibung zugrunde:

„Formel für die überschlägige Berechnung des Energieverbrauches beim Aufnehmen und Tragen von Lasten in der Ebene und bergauf bei belastetem Hinweg und unbelastetem Rückweg.“

$$E = n \cdot (s \cdot K_{\text{Trag}} + H_1 \cdot K_{\text{Hub}} + H_2 \cdot K_{\text{Steig}})$$

- E = Energieverbrauch in kJ/min
- n = Zahl der Lastgänge pro Minute
- s = Weglänge eines Lastganges in Meter auf ebene Strecke umgerechnet
- K_{Trag} = Tragkonstante in kJ/m ebenem Lastweg einschließlich unbelastetem Rückweg (siehe Tabelle 21 auf Seite 82)
- H_1 = Gesamthöhe der beim Anheben und Absetzen der Last geleisteten Hubarbeit in Meter (siehe Tabelle 21)
- K_{Hub} = Hubkonstante in kJ/m Hub (siehe Tabelle 21)
- H_2 = senkrechte Steighöhe des Lastweges in Meter
- K_{Steig} = Steigkonstante in kJ/m senkrechte Steighöhe für Aufstieg ohne Last bei Steigungen zwischen 0° und 70° (siehe Tabelle 21)

8.1.3.2 Erweiterung der Transportformel

Die im vorherigen Abschnitt beschriebene Transportformel berücksichtigt keine geschlechtsbedingten Unterschiede bei der Berechnung des Arbeitsenergieumsatzes beim Heben und Tragen von Lasten. Von Henkel et al. (1983) wur-

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 21:
Konstanten beim Lastentransport (nach Spitzer und Hettinger, 1964)

Lastgewicht [kg]	kJ je Meter Lastweg	K_{Trag} (Last- + Leerweg) [kJ/m Weg]	K_{Hub} [kJ/m Hubhöhe]	K_{Steig} [kJ/m Steighöhe]
0	0,197	0,394	1,68	3,39
10	0,226	0,423	2,39	3,89
20	0,272	0,469	3,48	4,48
30	0,335	0,532	5,32	5,15
40	0,419	0,615	8,29	5,95
50	0,511	0,708	12,77	6,87

den Untersuchungen durchgeführt, die die Anwendbarkeit der Transportformel für Frauen überprüfen sollten. Hierzu wurden Messungen des Energieumsatzes bei Frauen vorgenommen, die Lager- und Transportarbeiten durchführten. Es zeigte sich, daß die ermittelten Energieumsätze fast ausnahmslos über den nach der Transportformel errechneten Energieumsätzen lagen. Die Autoren leiteten einen Korrekturfaktor ab, mit dem die Werte aus der Transportformel bei der Berechnung des Arbeitsenergieumsatzes für Frauen multipliziert werden sollten. Dieser Faktor beträgt für das Heben und Tragen von Lasten 1,32.

1,32 = Korrekturfaktor bei Anwendung der Transportformel für das Heben und Tragen von Lasten bei weiblichen Personen

8.1.3.3 Modifiziertes Verfahren nach Garg et al.

Das Verfahren von Garg et al. (1978) zur Berechnung des Energieumsatzes für verschiedenen Tätigkeiten basiert auf Messungen des Energieumsatzes von Garg (1976). Mit Hilfe dieser Messungen wurden Regressionsmodelle und formelmäßige Zusammenhänge entwickelt, mit denen für verschiedene Körperhaltungen, Körperbewegungen und Tätigkeiten des Manipulierens von Lasten Energieumsätze berechnet werden können. Mit den Originalformeln wird jedoch der Gesamtenergieumsatz berechnet. Zur Bestimmung des Arbeitsenergieumsatzes werden im folgenden die von Jäger et al. (1994) modifizierten Formeln dargestellt. Dazu wurde vom Gesamtumsatz der Grundumsatz nach

Angaben von Durnin und Passmore (1967) subtrahiert.

Die Formeln berücksichtigen das Heben mit verschiedenen Hebetechniken, das Gehen und Tragen sowie das Halten. Beim Heben wird unterschieden, ob ein Hebevorgang entweder unterhalb oder oberhalb von 81 cm (32 inches) ausgeführt wird. Für den Fall, daß sich die Aufnahmehöhe unterhalb dieser Marke und die Absetzhöhe oberhalb dieser Marke befindet, wird der Hebevorgang in zwei Einzeltätigkeiten unterteilt und der Arbeitsenergieumsatz durch Addition der Umsätze der Teilvorgänge bestimmt.

Der Arbeitsenergieumsatz beim Heben wird in Abhängigkeit von der Körpermasse (K), der Masse der Last (L), des Geschlechts (G), der Ausgangshöhe (h_1), der Endhöhe (h_2), der Zahl der Hebevorgänge je Minute (n) und der Hebetechnik ermittelt.

Die Arbeitsenergieumsätze für das Gehen ohne Last und für das Tragen von Lasten werden in Abhängigkeit der Körpermasse (K), der Masse der Last (L) und der Fortbewegungsgeschwindigkeit (v) bestimmt. Bei nicht-horizontalen Wegstrecken geht zusätzlich noch die Steigung (S) in die Berechnung des Umsatzes mit ein.

a) Heben einer Last

Heben „aus dem Rücken“, Last beidhändig, für $h_1 < h_2 \leq 0,81$ m:

$$AEU = 0,047 \cdot K + 0,042 \cdot n \cdot (0,325 \cdot K \cdot [0,81 - h_1] + 0,76 \cdot L \cdot [1,86 + G] \cdot [h_2 - h_1])$$

Heben „aus den Beinen“, Last beidhändig, für $h_1 < h_2 \leq 0,81$ m:

$$AEU = 0,029 \cdot K + 0,042 \cdot n \cdot (0,514 \cdot K \cdot [0,81 - h_1] + 0,62 \cdot L \cdot [3,53 + G] \cdot [h_2 - h_1])$$

Heben, Last einhändig, für $h_1 < h_2 \leq 0,81$ m:

$$AEU = 0,047 \cdot K + 0,042 \cdot n \cdot (0,352 \cdot K \cdot [0,81 - h_1] + 3,03 \cdot L \cdot [h_2 - h_1])$$

Heben „mit den Armen“, aufrecht stehend, Last beidhändig, für $0,81 \text{ m} < h_1 < h_2$:

$$AEU = 0,029 \cdot K + 0,042 \cdot n \cdot (0,062 \cdot K \cdot [h_2 - 0,81] + 0,52 \cdot L \cdot [6,13 - G] \cdot [h_2 - h_1])$$

b) Gehen und Tragen

Gehen ohne Last:

$$AEU = 0,029 \cdot K + 0,042 \cdot (51 + 2,54 \cdot K \cdot v^2 + 0,379 \cdot K \cdot v \cdot S)$$

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tragen, eine Last oder zwei Teillasten an seitlich hängenden Armen:

$$AEU = 0,029 \cdot K + 0,042 \cdot (80 + 2,43 \cdot v^2 \cdot [K + 1,91 \cdot L] + 4,62 \cdot L + 0,379 \cdot [K + L] \cdot v \cdot S)$$

Tragen, Last beidhändig gefaßt mit Körperkontakt an Oberschenkeln oder Bauch:

$$AEU = 0,029 \cdot K + 0,042 \cdot (68 + 2,54 \cdot v^2 \cdot [K + 1,61 \cdot L] + 11,4 \cdot L + 0,397 \cdot [K + L] \cdot v \cdot S)$$

c) Halten

Halten einer Last an hängenden Armen mit Körperkontakt an den Oberschenkeln oder Halten von zwei Teillasten an seitlich hängenden Armen:

$$AEU = 0,029 \cdot K + 0,042 \cdot 0,037 \cdot L$$

Halten einer Last mit Körperkontakt am Bauch:

$$AEU = 0,029 \cdot K + 0,042 \cdot 0,062 \cdot L$$

Halten einer Last, einhändig, an seitlich hängendem Arm

$$AEU = 0,029 \cdot K + 0,042 \cdot 0,088 \cdot L$$

AEU = Arbeitsenergieumsatz in kJ/min

L = Last in kg

K = Körpermasse in kg

G = Geschlecht, „1“ für männlich und „0“ für weiblich

h_1 = vertikale Position der Last in m, Anfangsposition beim Heben bzw. Endposition beim Senken einer Last

h_2 = vertikale Position der Last in m, Endposition beim Heben bzw. Anfangsposition beim Senken einer Last

n = Anzahl der Hebevorgänge pro Minute

v = Geschwindigkeit beim Gehen oder beim Tragen einer Last in m/s

S = Steigung des Weges beim Gehen oder beim Tragen einer Last in %

8.1.3.4 Erweiterung des Garg-Verfahrens zum Heben von Lasten

In einer Untersuchung von Genaidy und Asfour (1987) wurden die Angaben von Garg et al. (1978) bezüglich der Ad-dierbarkeit der Teilenergieumsätze beim

Heben über eine Höhe von 0,81 m überprüft. Die Autoren widersprechen aufgrund ihrer Ergebnisse der These, daß Hebevorgänge, die eine Höhe von 0,81 m überschreiten, in zwei fiktive Vorgänge unterteilt werden können. Es wurde vielmehr durch Regressionsana-

lysen festgestellt, daß der erste Teil eines solchen Hebevorganges, der das Heben der Last auf eine Höhe bis 0,76 m enthält, einen größeren Einfluß besitzt als der zweite Teilvorgang, der das Heben ab 0,76 m beinhaltet. Aus diesem Grunde wurden die Teilenergieumsätze, die nach Garg et al. (1978) ermittelt wurden, mit Korrekturfaktoren belegt. Die im folgenden beschriebene Formel wurde zur Darstellung des Arbeitsenergieumsatzes ebenfalls umgeformt (siehe vorherigen Abschnitt). Auf die Beschreibung der Originalformeln wird an dieser Stelle verzichtet.

Heben von Lasten, Formel nach Genaidy und Asfour (1987) aus Jäger et al. (1994):

$$AEU = 0,735 + 0,564 \cdot AEU_1 + 0,389 \cdot AEU_2 + 0,0503 \cdot n \cdot L$$

AEU = Arbeitsenergieumsatz für komplette Hebevorgänge in kJ/min

AEU₁ = Arbeitsenergieumsatz für 1. Teilabschnitt des Hebens, berechnet nach Garg et al. (1978) in kJ/min

AEU₂ = Arbeitsenergieumsatz für 2. Teilabschnitt des Hebens, berechnet nach Garg et al. (1978) in kJ/min

n = Anzahl der Hebevorgänge pro Minute

L = Last in kg

8.2 Biomechanische Modellrechnungen zur Ermittlung der Belastung der Wirbelsäule

Der Ermittlung der Belastung der Wirbelsäule am lebenden Menschen ist mit besonderen Schwierigkeiten verbunden. Eine Möglichkeit zur Bestimmung der Belastung sind invasive Methoden, bei denen Drucksensoren in eine Bandscheibe implantiert werden (Nachemson, 1959; Andersson et al., 1974 a und b; Andersson und Örtengren, 1974 a und b). Diese Art der Untersuchung erfordert jedoch eine medizinische Kontrolle während der Untersuchung und ermöglicht aufgrund des hohen gesundheitlichen Risikos nur eine eingeschränkte Analyse dynamischer Tätigkeiten.

Nicht zuletzt aus ethischen Gründen wird heute zur Analyse von Belastungen der Wirbelsäule die Berechnung der wirkenden Kräfte und Momente mit Hilfe biomechanischer Modellrechnungen eingesetzt.

Biomechanische Modellrechnungen für Hebe- und Tragetätigkeiten beziehen sich vorwiegend auf den lumbalen Bereich, da in diesem Abschnitt in epidemiologischen Untersuchungen häufiger Erkrankungen festzustellen sind als im cervikalen oder thorakalen Bereich der Wirbelsäule (Luttmann et al., 1988 a). Innerhalb des lumbalen Wirbelsäulen-

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

bereiches ist der Lenden-Kreuzbein-Übergang besonders gefährdet (Jungmanns, 1979). Aus diesem Grund werden biomechanische Analysen in der Regel auf den Bereich der unteren Bandscheiben L4-L5 oder L5-S1 bezogen.

8.2.1 Entwicklung biomechanischer Modelle

Die ersten Entwicklungen biomechanischer Modelle der Wirbelsäule bezogen sich auf die Analyse statischer zweidimensionaler Belastungsfälle (Morris et al., 1961, oder Chaffin, 1969). Ausgehend von diesen Modellen, in denen die Wirbelsäule durch lediglich ein Segment dargestellt war, wurden im folgenden weitere Modelle entwickelt, die es erlaubten, mehrere Segmente der Wirbelsäule darzustellen (Jäger, 1987; Jäger et al., 1991 a) sowie dreidimensional-dynamische Belastungen zu analysieren (Kromodihardjo und Mital, 1986; Mital und Kromodihardjo, 1986; Jäger, 1987; Chen und Ayoub, 1988; Bloswick und Chaffin, 1990; Frigo, 1990; Marras und Sommerich, 1991 a und b; Jäger et al., 1991 a). Daneben wurde aber auch die Entwicklung statischer zweidimensionaler Modelle fortgeführt (z.B. Pangert und Hartmann, 1987). Abbildung 19 zeigt verschiedene Stadien der biomechanischen Modellentwicklung.

Der prinzipielle Ablauf der biomechanischen Berechnungen kann mit relativ einfachen Modellansätzen anhand der Abbildungen 19 a und b beschrieben werden:

Die Gewichtskräfte oberhalb des gewählten Bezugspunktes (hier die unterste Bandscheibe L5-S1) üben über ihre jeweiligen Hebelarme Momente bezüglich der Bandscheibe L5-S1 aus; in gleicher Weise wirken die an den Händen angreifenden Lastkräfte. Die Summe der Momente aufgrund der Körperteilgewichte und der Last stellt eine erste Kenngröße der Belastung dar. Zur Beurteilung dieser Größe kann dann beispielsweise die in Abschnitt 7.3.2 beschriebene Momentenklassifikation herangezogen werden.

Das belastende Moment wird hauptsächlich durch die Kraft der Rückenmuskulatur (in Abbildung 19 a und b als Kraft parallel zur Wirbelsäule nach unten dargestellt) und zu einem kleineren Teil durch den Bauchrauminnendruck kompensiert. Die Gesamtkraft, die auf die Bandscheibe L5-S1 wirkt, ergibt sich aus der vektoriellen Addition aller Kräfte oberhalb von L5-S1 aufgrund der Körperteilgewichte, der Last, der Muskeln und des Intraabdominaldrucks. In den Abbildungen 19 a und b sind die dieser Gesamtkraft entgegenwirkenden Auflagerkräfte dargestellt. Diese Auf-

Abbildung 19:

Stadien der biomechanischen Modellentwicklung zur Bestimmung der Belastung der Wirbelsäule (aus Jäger und Luttmann, 1993);

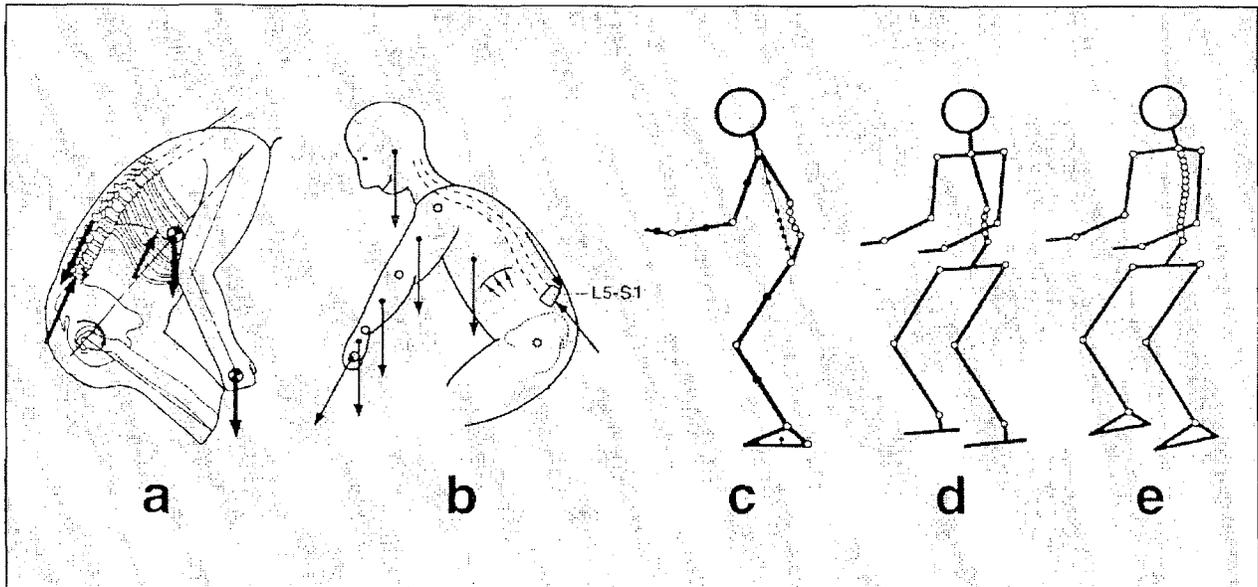
Eigenschaften: a) 2D statisch, unisegmental, vertikale Lastkraft (Chaffin, 1969);

b) 2D statisch, 5 Segmente (Jäger et al., 1983);

c) 2D dynamisch (Jäger und Luttmann, 1987);

d) 3D dynamisch, 19 Segmente (Jäger, 1987);

e) 3D dynamisch, 30 Segmente (Jäger et al., 1991a)



lagerkräfte, die entsprechend ihrer Richtung zur Bandscheibe in eine Druck- und Scherkomponente zerlegt werden können, stellen neben dem Moment weitere Kenngrößen der Wirbelsäulenbelastung dar. Eine Beurteilung der Druckkräfte ist durch den Vergleich mit der mechanischen Festigkeit der Wirbelsäulenelemente (siehe Abschnitt 7.3.1) möglich.

8.2.2 Biomechanisches Modell: „Der Dortmunder“

Aufgrund der großen Zahl der Körperteile, die in einem „realitätsnahen“ biomechanischen Modell des Menschen berücksichtigt werden müssen, ergibt sich insbesondere bei Berücksichtigung dynamischer Belastungsfälle ein umfangreiches System an Berechnungsvor-

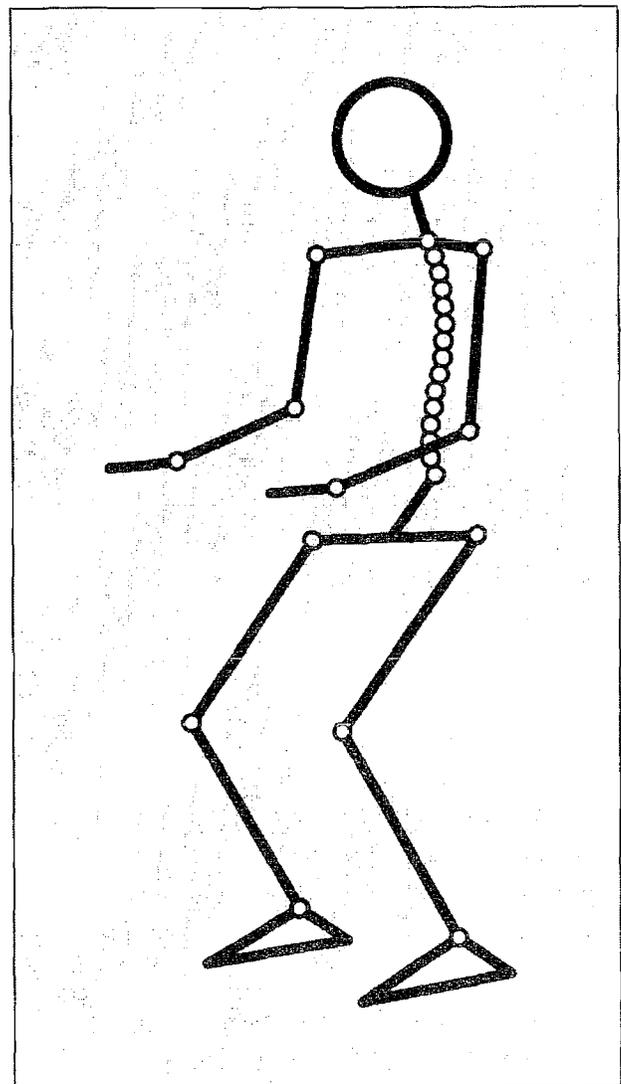
8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

schriften für die rechnerische Ermittlung der Kräfte und Momente an der Wirbelsäule. Zur Durchführung der Berechnungen ist eine Rechnerunterstützung nahezu unumgänglich. Als Beispiel für ein umfangreiches biomechanisches Modell soll im folgenden das System „Der Dortmunder“ vorgestellt werden.

„Der Dortmunder“ wurde am Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund für die Analyse der Belastung der Wirbelsäule bei Lastenmanipulationen entwickelt (Jäger, 1987; Jäger et al., 1992). Es handelt sich hierbei um ein dreidimensionales dynamisches Modell. Dies bedeutet, daß das Modell in der Lage ist, nicht nur das Halten einer Last ohne Bewegung (siehe statisches Modell) zu analysieren, sondern die Bewegung von Körperteilen und Last bei der Ausübung einer Tätigkeit räumlich zu verfolgen und für solche Tätigkeiten die Belastung der Wirbelsäule zu analysieren. Hierzu wird der Skelettapparat durch 30 Körpersegmente (Füße, Unterschenkel, Oberschenkel, Becken, 14 Rumpfsegmente, Schultern, Oberarme, Unterarme, Hände und Kopf) und 27 Gelenke simuliert. 15 der 27 Gelenke beschreiben die Positionen der Bandscheiben T3-T4 bis L5-S1; auf diese Weise lassen sich eine Vielzahl von Rumpfbewegungen (Bücken, Verdrehen etc.) nachbilden. Diese Segmente und Gelenke sind

in Abbildung 20 in der verwendeten Form dargestellt.

Abbildung 20:
Simulation des Skelettapparates in dem rechnergestützten System „Der Dortmunder“ (Jäger et al., 1992)¹⁾



¹⁾ Erstveröffentlichung in der Zeitschrift „Medizinisch Orthopädische Technik“, Ausgabe 6/92, S. 306 - 308

Zusätzlich zur Beschreibung des skelettalen Aufbaus ist es erforderlich, den Aufbau der Muskulatur im Bereich der unteren Wirbelsäule zu beschreiben. „Der Dortmund“ berücksichtigt zu diesem Zweck die Krafftresultierenden von folgenden Muskeln der Rücken- und Bauchmuskulatur (jeweils beidseitig):

- musculus erector spinae (Rückenstrecker)
- musculus obliquus externus abdominis (äußerer Teil der schrägen Bauchmuskeln)
- musculus obliquus internus abdominis (innerer Teil der schrägen Bauchmuskeln)
- musculus rectus abdominis (gerader Bauchmuskel)

Die anatomische Lage der Muskeln und deren biomechanische Auswirkungen können aus Abbildung 21 (siehe Seite 90) entnommen werden.

Das System ermöglicht es, die Belastung der fünf lumbalen Bandscheiben (L1-L2 bis L5-S1) für unterschiedliche Hebetekniken, Ausführungsgeschwindigkeiten, Lasteigenschaften und Körperhaltungen zu ermitteln.

Die Beschreibung der zu analysierenden Tätigkeit erfolgt durch die Eingabe von

körper-, last- und zeitbezogenen Kenngrößen. Dies sind neben der Körperhöhe und dem Körpergewicht der Person Beschreibungen der Lasteigenschaften (z.B. Masse, Abmessungen, Rechts-Links-Verteilung), Angaben zur Beschreibung der Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge. Durch die Eingabe der Positionen der Körperteile zu drei Zeitpunkten während einer Bewegung wird die Simulation räumlicher Bewegungsabläufe ermöglicht. Zur Vereinfachung der Dateneingabe kann auf Daten früher durchgeführter Analysen zurückgegriffen werden.

Die Ausgabe der Ergebnisse einer Analyse erfolgt in tabellarischer und in graphischer Form. Die graphische Ergebnisdarstellung auf dem Bildschirm ermöglicht weiterhin eine Kontrolle des simulierten Bewegungsablaufs. Hierzu werden die Körperhaltungen in einer Linienzugdarstellung in dimetrischer, frontaler und seitlicher Ansicht sowie in der Draufsicht gezeigt. Zusätzlich wird der zeitliche Verlauf der ermittelten Kräfte und Momente zusammen mit der zeitlichen Veränderung der Körperhaltung dargestellt. In Abbildung 22 (siehe Seite 91) ist ein Beispiel für eine Ergebnisdarstellung anhand der biomechanischen Analyse einer Hebetätigkeit abgebildet.

Mit dem Programm „Der Dortmund“ sind zahlreiche Beispielrechnungen

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 21:

Lage der Rumpfmuskulatur in Höhe der Lendenwirbelsäule in Seitenansicht (Teil a, nach Tittel, 1978) und in Frontalansicht (Teil b, nach Mollier, 1938) und Wirkung der Muskeln als Kraftresultierende in lateraler und dorsaler Ansicht; Erläuterungen: Kraftresultierende F , Wirkabstände von L5-S1 d , Winkel zu Raumachsen λ und ϑ ; Index analog zu lateinischen Muskelbezeichnungen; links l; rechts r (aus Jäger und Luttmann, 1993)

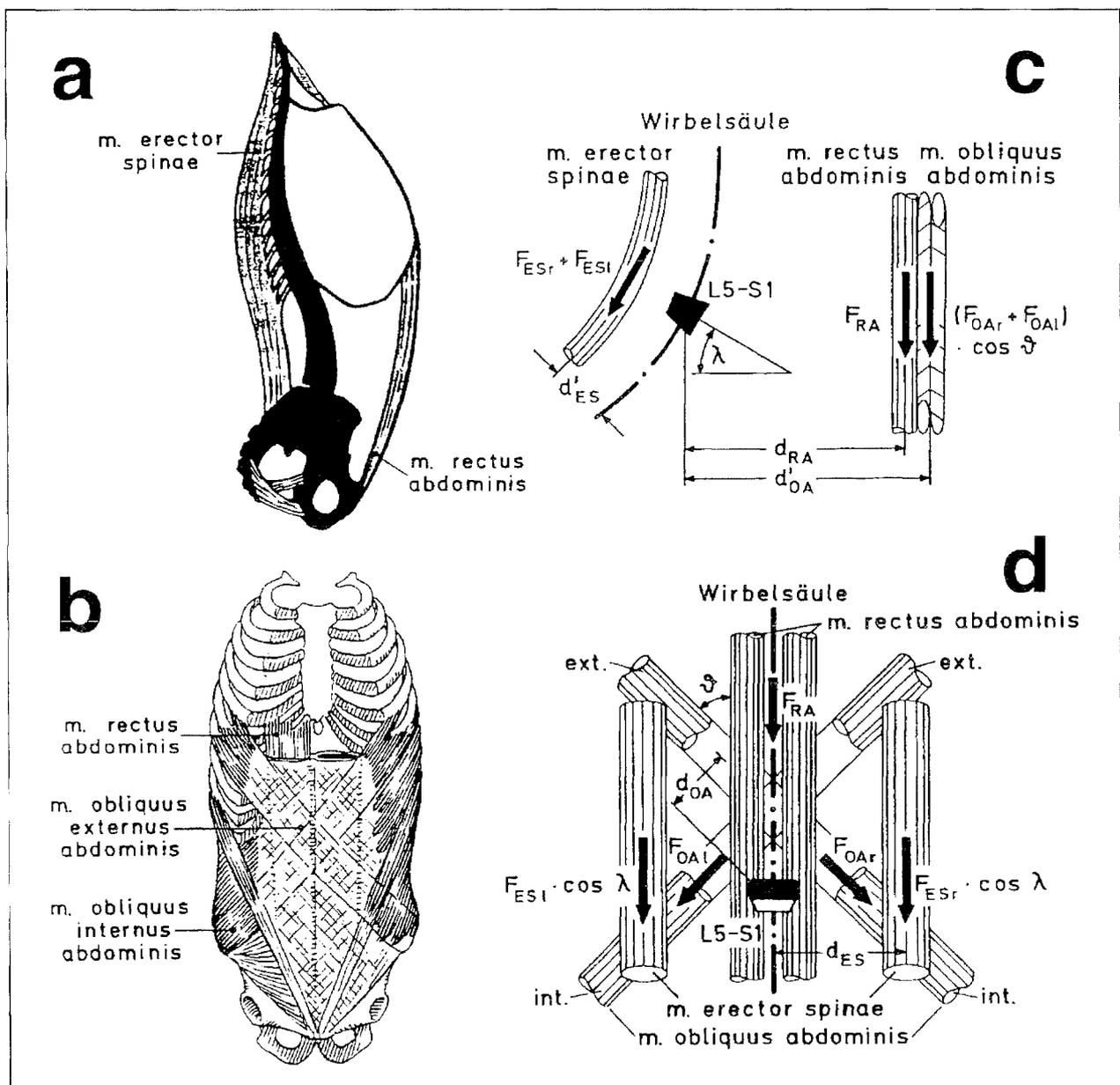
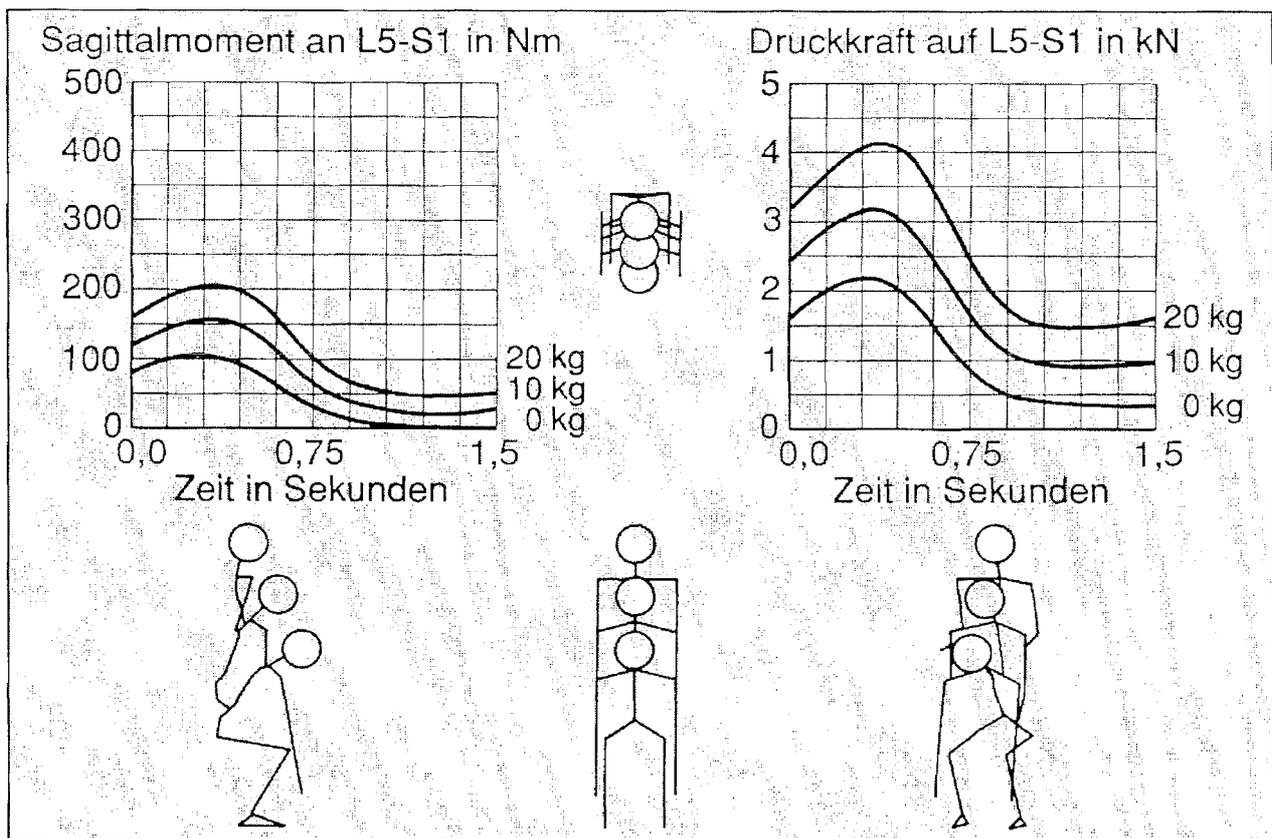


Abbildung 22:
 Ergebnisdarstellung in „Der Dortmund“: zeitveränderliche Körperhaltungen in vier Ansichten
 sowie Zeitverläufe relevanter Kenngrößen der Belastung der Wirbelsäule; in diesem Beispiel
 wurden Körperhöhe und -gewicht zu 175 cm bzw. 75 kg vorausgesetzt (Jäger et al., 1992)¹⁾



¹⁾ Erstveröffentlichung in der Zeitschrift „Medizinisch Orthopädische Technik“, Ausgabe 6/92, S. 306 - 308

durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind größtenteils in Form von Diagrammen publiziert. Zur Übertragung auf ähnliche Fälle ist es möglich, aus diesen Diagrammen die Höhe der Wirbelsäulenbelastung in Abhängigkeit von Parametern der Körperhaltung und der äußeren Last zu bestimmen. Auf diese

Weise können die Ergebnisse bisheriger biomechanischer Modellrechnungen auch ohne Nutzung der zugehörigen Hard- und Software genutzt werden. Im folgenden werden Ergebnisse einiger Beispielrechnungen von typischen Belastungsfällen, die bei der manuellen Manipulation von Lasten auftreten, gezeigt.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

In Abbildung 23 ist die Höhe der Belastung der Wirbelsäule beim Halten oder langsamen Heben oder Senken von Lasten für verschiedene Armhaltungen in Abhängigkeit von der Masse der Last angegeben (zur Körperhaltung siehe Strichfiguren in Abbildung 23: bei aufrechtem Oberkörper wurde eine „normale“ S-Form, bei starker Vorneigung [90°] eine starke Krümmung der Wirbelsäule vorausgesetzt). Zur Anwendung des Diagramms auf reale Lastenhandhabungsfälle ist es erforderlich, die Lastmasse zu ermitteln, den Rumpfneigungswinkel und entweder den Schwerpunktabstand der Last von L5-S1 oder die Armhaltung, die der realen am ähnlichsten ist, abzuschätzen und dann den Wert der Druckkraft auf L5-S1 abzulesen.

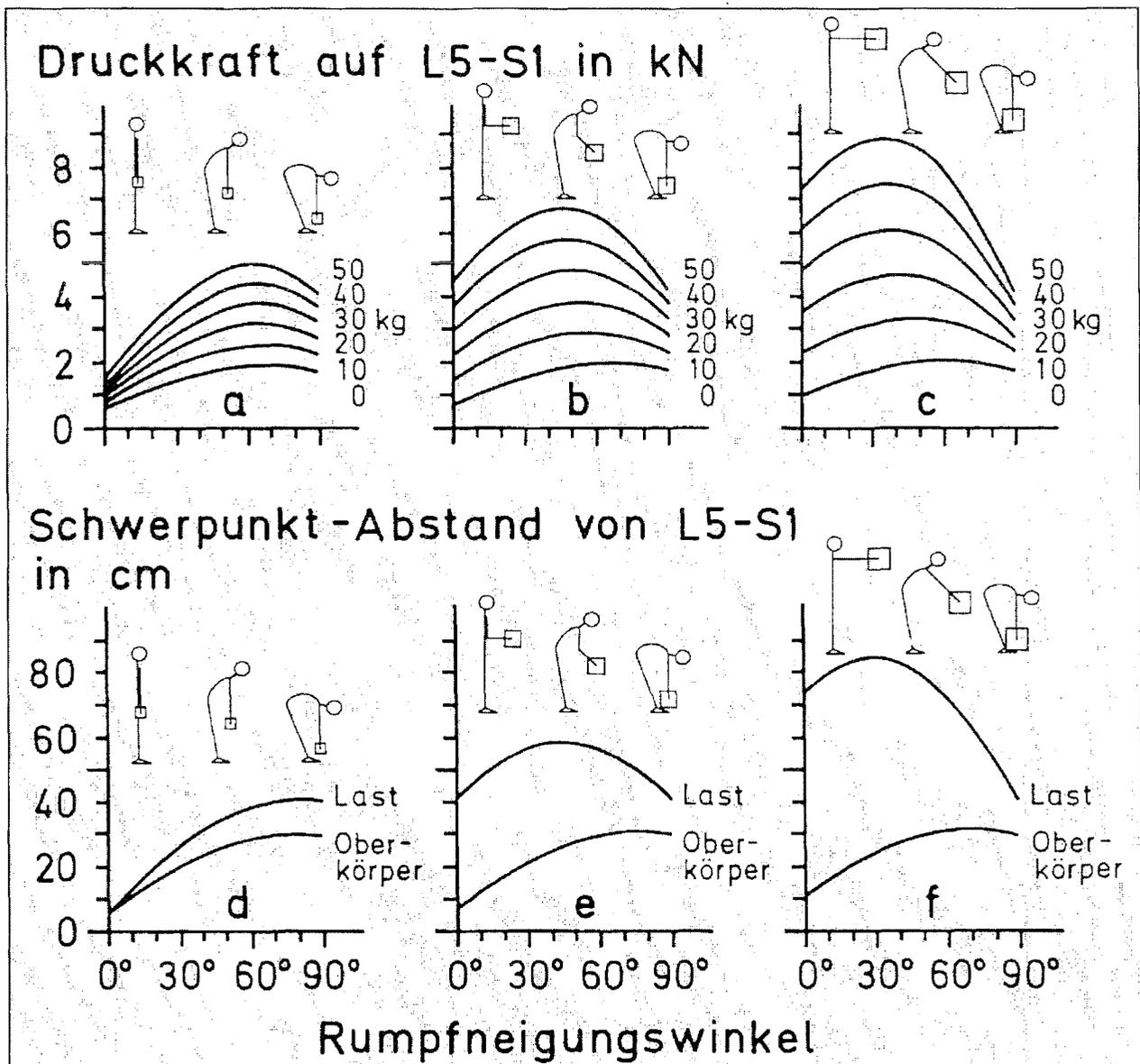
Abbildung 24 (siehe Seite 94) zeigt beim beidhändigen symmetrischen Heben von Lasten die Werte der Druckkraft auf L5-S1 für drei typische Hebertechniken. In allen Fällen wird eine Last vom Boden (Greifpunkt 10 cm über der Standfläche) auf eine Höhe von einem Meter (Greifpunkt 110 cm) gehoben. Die Dauer des Hebevorgangs wurde zwischen einer und zwei Sekunden, das Lastgewicht zwischen 0 kg und 40 kg variiert. Das Diagramm kann zur Abschätzung des „Dynamik-Effekts“ bei Umsetzvorgängen genutzt werden.

Abbildung 25 (siehe Seite 95) zeigt als Beispiel für ein einhändiges Manipulieren von Lasten das Umsetzen von „Einhandsteinen“ beim Mauern. Der Stein wird in verschiedenen Höhen seitlich vom Körper aufgenommen (10 cm, 50 cm und 90 cm) und in einer Höhe von 110 cm mittig vor dem Körper positioniert (linker Teil der Abbildung). Die Dauer der Umsetzbewegung wurde zwischen 0,7 Sekunden und 2 Sekunden variiert und die Lastmasse in einem für einhändige Lastenhandhabungen realistischen Bereich zwischen 0 kg und 10 kg angenommen. Die Ergebnisse der „dynamischen Berechnung“ (durchgezogene Linien) sind denen einer „statischen Berechnung“ (gestrichelte Linien) gegenübergestellt. Mit Hilfe dieser Darstellung ist es möglich, die Höhe der Druckkraft auf L5-S1 beim einhändigen Heben von Lasten mit bekannter Masse und unterschiedlichen Ausführungsgeschwindigkeiten abzuschätzen.

Eine Modellrechnung für einhändiges Manipulieren von Lasten zeigt Abbildung 26 (siehe Seite 96) für die Druckkraft auf L5-S1 beim horizontalen Umsetzen von Lasten mit einer Masse zwischen 0 kg und 10 kg aus einer seitlichen in eine frontale Position. Für die Stellung des rechten Armes gelten die folgenden Annahmen (weiter Seite 95 unten):

Abbildung 23:

Druckkraft auf die lumbosakrale Bandscheibe als Kenngröße der Belastung der Wirbelsäule (oben) sowie auf den Lenden-Kreuzbein-Übergang bezogene „Hebelarme“ der Last und der in einem Schwerpunkt zusammengefaßten Körperteile oberhalb L5-S1 (unten) für beidhändiges symmetrisches Halten unterschiedlich schwerer Lasten mit vorgeneigtem Oberkörper und verschiedenen, mit unterschiedlichen Lastpositionen verbundenen Armhaltungen (Jäger und Luttmann, 1994)¹⁾



¹⁾ Erstveröffentlichung in der Zeitschrift „Der medizinische Sachverständige“, Ausgabe 5/94, S. 161 und 162

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

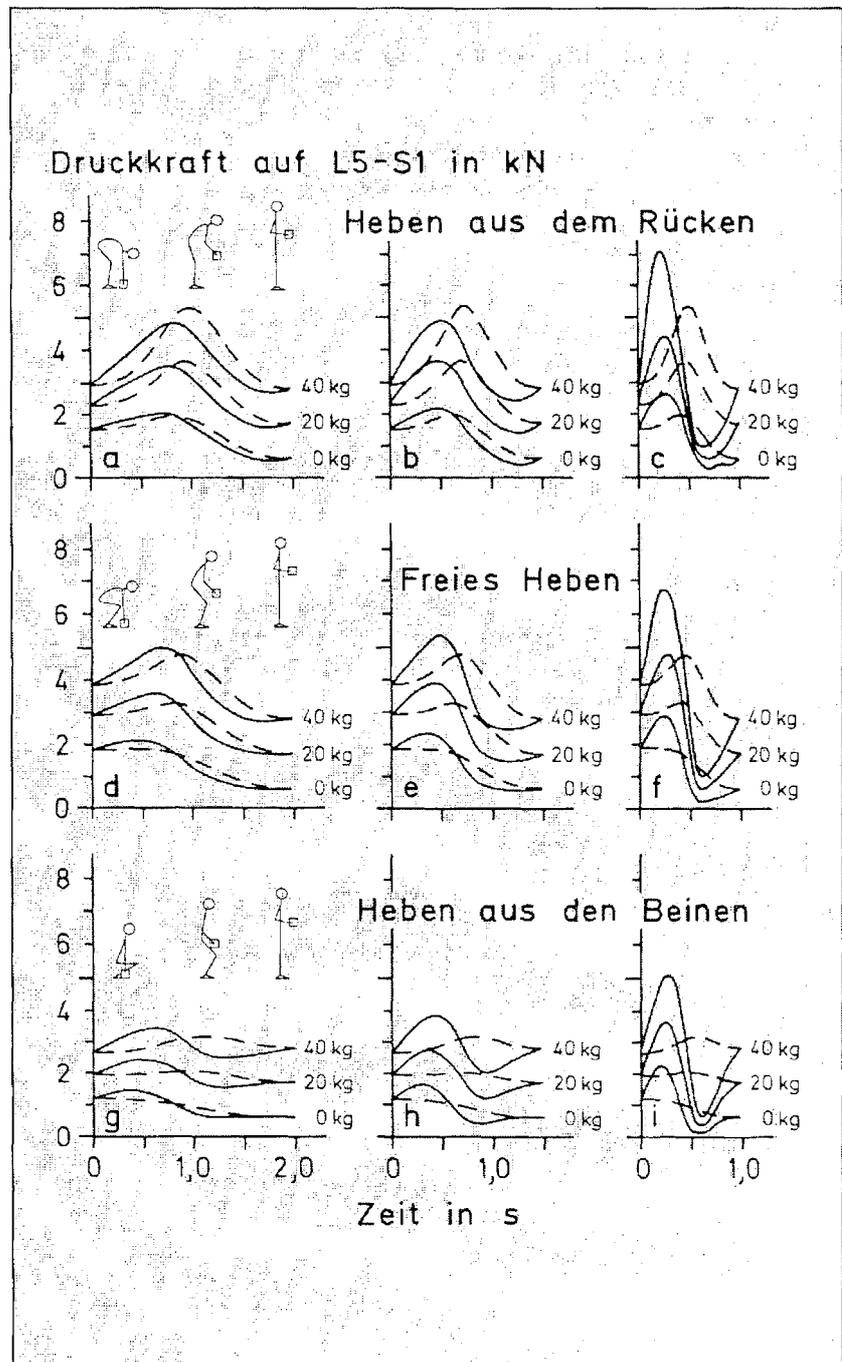
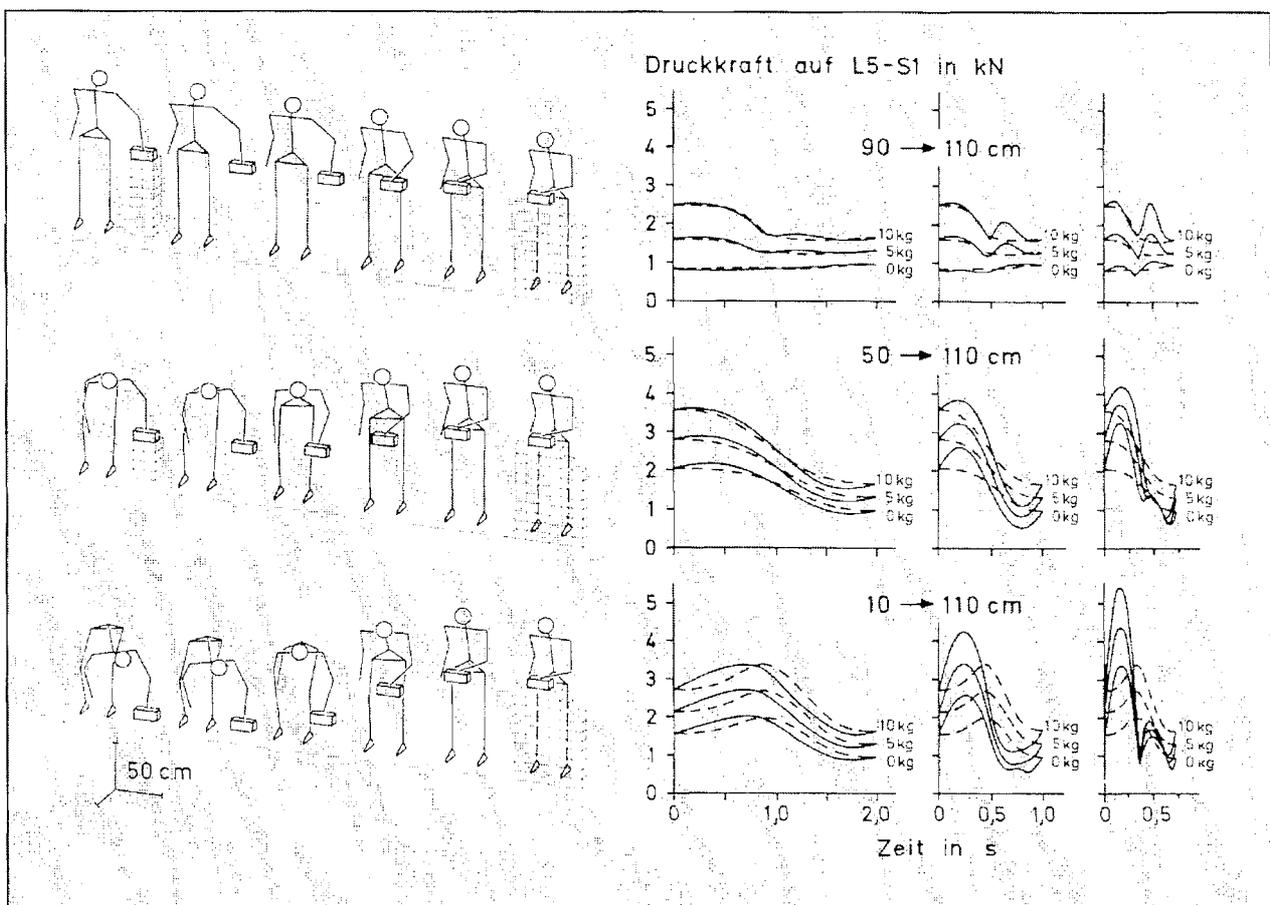


Abbildung 24:
Druckkraft auf die lumbosakrale Bandscheibe als Kenngröße der Belastung der Wirbelsäule für beidhändiges symmetrisches Heben unterschiedlich schwerer Lasten in verschiedenen Hebertechniken und Ausführungsgeschwindigkeiten bei Berücksichtigung (Linien durchgezogen) und Vernachlässigung (Linien unterbrochen) der Wirkung der Massenträgheit (Jäger und Luttmann, 1994)¹⁾

¹⁾ Erstveröffentlichung in der Zeitschrift „Der medizinische Sachverständige“, Ausgabe 5/94, S. 161 und 162

Abbildung 25:

Beispiel der Modellanwendung (nach Jäger et al., 1991 a): Schematische Darstellung des Umsetzens von „Einhandsteinen“ bei verschiedenen Aufnahmehöhen (links) und entsprechende berechnete Verläufe der lumbosakralen Druckkraft für verschiedene Lastgewichte und Bewegungsdauern (rechts); Annahmen für die Berechnungen: Körperhöhe 175 cm, Körpergewicht 75 kg, dorsaler Hebelarm der Rückenmuskulatur 6,0 cm (nach Kumar 1988) (aus Jäger, im Druck)



I. Oberarm am Körper angelegt, Unterarm horizontal,

II. Oberarm 45° angewinkelt, Unterarm horizontal,

III. Oberarm, Unterarm und Hand horizontal.

Die Ausführungsdauer wurde zwischen 0,5 Sekunden und 1,5 Sekunden variiert.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

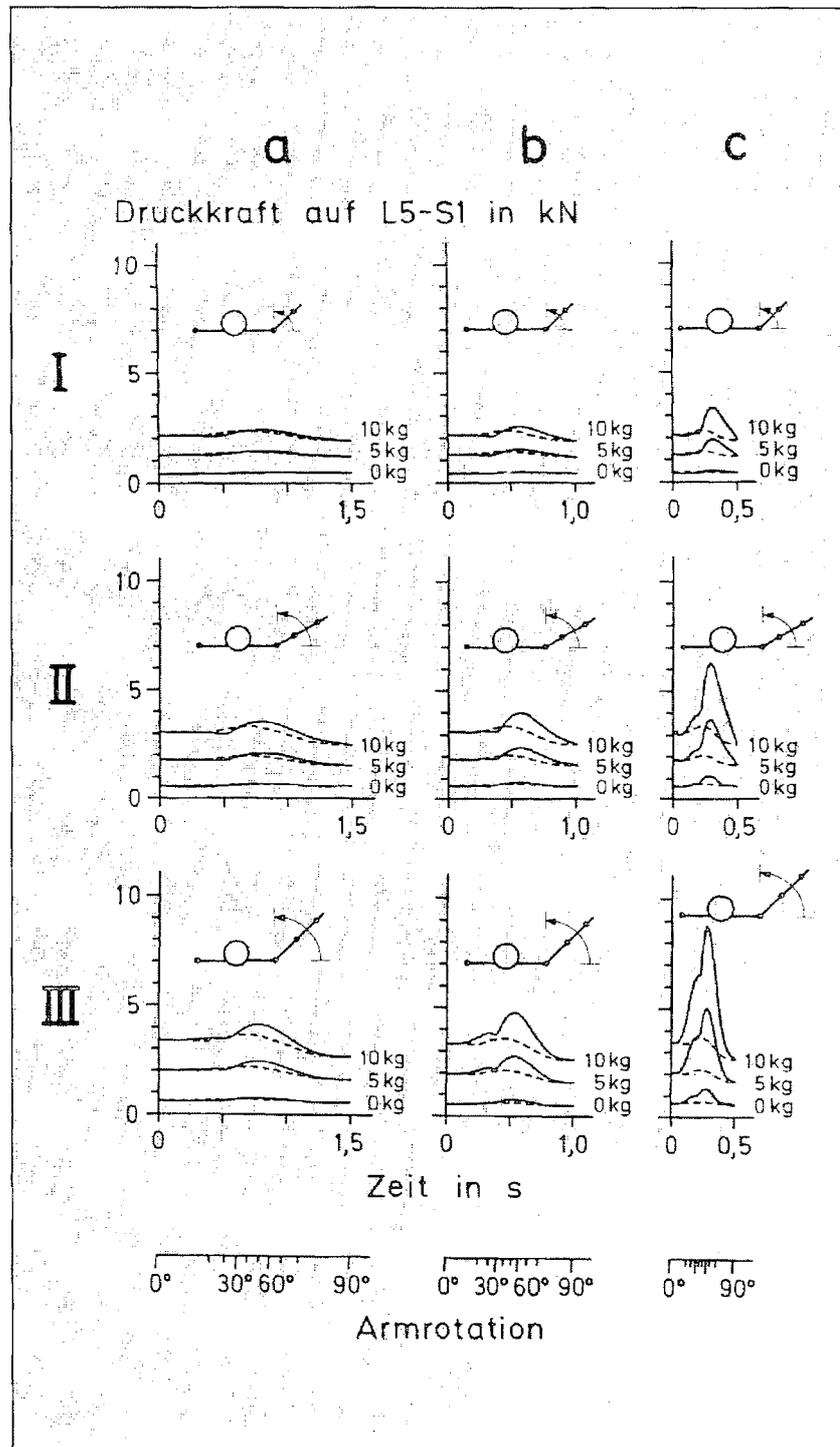


Abbildung 26:
 Zeitverläufe der Druckkraft auf die lumbosakrale Bandscheibe beim einhändigen, horizontalen Umsetzen von Lasten mit unterschiedlichen Armstellungen unter Berücksichtigung der Ausführungsgeschwindigkeit (durchgezogene Linie) und bei Vernachlässigung der Ausführungsgeschwindigkeit (gestrichelte Linie) (nach Jäger und Luttmann, 1988)

Die Ergebnisse der „dynamischen Berechnung“ (durchgezogene Linien) sind den Ergebnissen der „statischen Berechnung“ (gestrichelte Linien) gegenübergestellt. Das Diagramm erlaubt es, die Höhe der Druckkraft auf L5-S1 beim horizontalen Umsetzen von Lasten zu schätzen. Dabei ist zu prüfen, welche der angenommenen Armhaltungen der realen am ähnlichsten ist (im Gegensatz zu den vorherigen Beispielen wurde für die Berechnung eine Körperhöhe von 173,3 cm, ein Körpergewicht von 69 kg und ein dorsaler Hebelarm der Rückenmuskulatur von 5 cm angenommen).

In Abbildung 27 (siehe Seite 98) ist der Einfluß von Körperhöhe und Körpermasse auf die Wirbelsäulenbelastung (angegeben als Moment „I a bis c“, Druckkraft „II a bis c“ und Scherkraft „III a bis c“ bezüglich L5-S1) beim beidhändigen symmetrischen Halten von Lasten in Abhängigkeit vom Rumpfbeugewinkel dargestellt. In der linken Spalte (Diagramme I a bis III a) wurde die Körperhöhe zwischen 150 cm und 200 cm bei einheitlicher Körpermasse von 75 kg variiert. In der mittleren Spalte (I b bis III b) wurde die Körpermasse zwischen 50 kg und 100 kg bei einer einheitlichen Körperhöhe von 175 cm variiert. In der rechten Spalte (I c bis III c) wurden die Körpermasse und die Körperhöhe gleichzeitig variiert. Folgende Kombinationen wurden dabei vorausgesetzt:

200 cm Körperhöhe und 100 kg Körpermasse,

175 cm Körperhöhe und 75 kg Körpermasse und

150 cm Körperhöhe und 50 kg Körpermasse.

Gegenüber der Abbildung 23 wurde für die Berechnung ein dorsaler Hebelarm der Rückenmuskulatur von 5 cm und ein „gerader Rücken“ angenommen.

Die Analyse mit einem solchen biomechanischen Modell erlaubt Aussagen über die Höhe der Belastung der Wirbelsäule während der Ausführung einer Tätigkeit. Zur Beurteilung dieser Belastung müssen geeignete Kriterien hinzugezogen werden. Solche zur Beurteilung relevanten Kriterien sind beispielsweise die in Abschnitt 7.3.1 beschriebenen Daten der Kompressionsfestigkeit der Wirbelsäule bzw. die in Tabelle 13 angegebenen empfohlenen Grenzwerte der lumbalen Kompressionsbelastung oder die in Abschnitt 7.3.2 beschriebene Momentenklassifikation.

8.3 Psychophysikalische Verfahren

Bei der Ermittlung von Grenzlasten für Hebetätigkeiten mit Hilfe psychophysikalischer Methoden werden von den Pro-

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

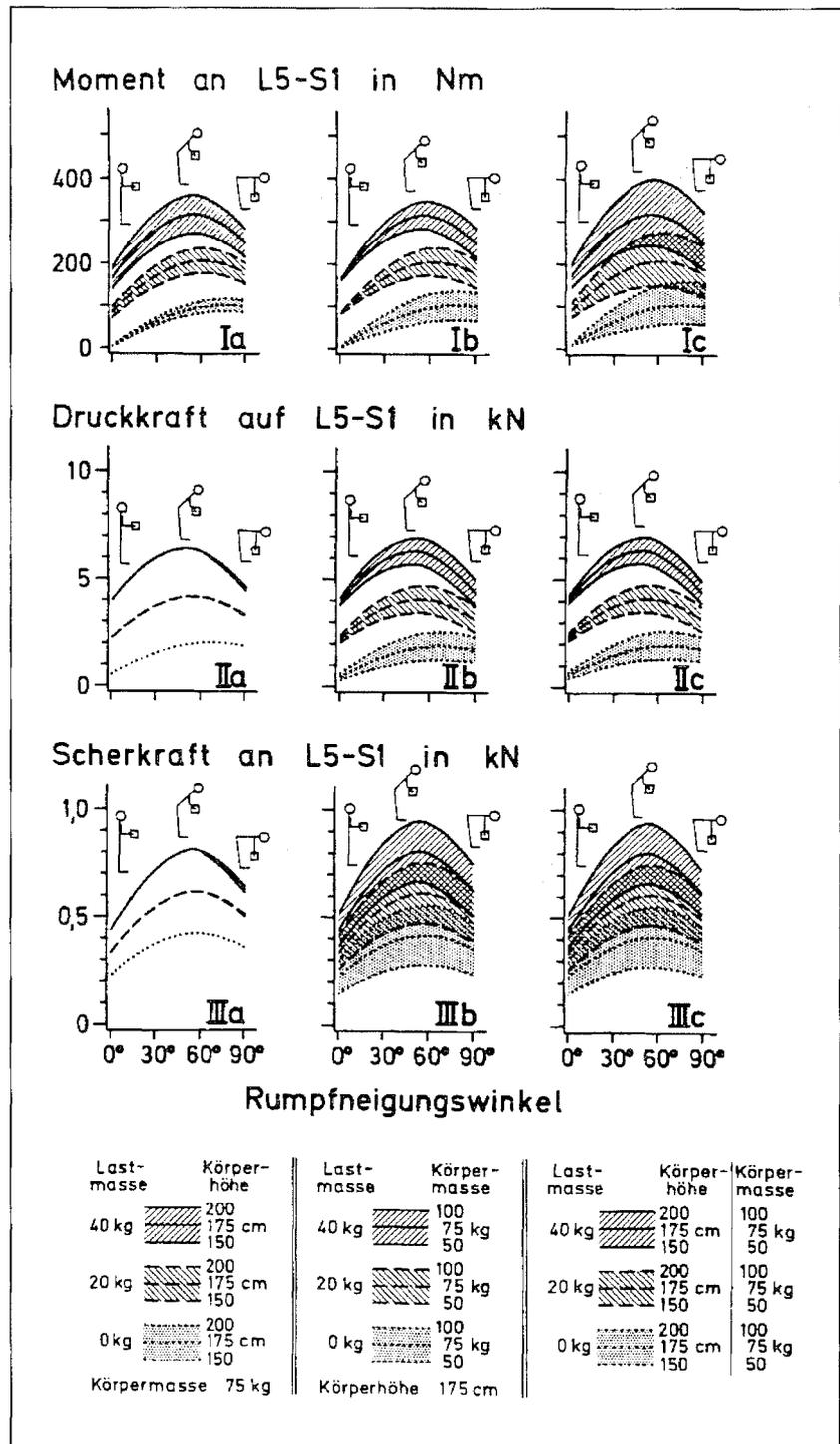


Abbildung 27:
Moment, Druck- und Scherkraft am Lenden-Kreuzbein-Übergang als Kenngrößen der mechanischen Belastung der Wirbelsäule beim Halten von Lasten mit vorgeneigtem Oberkörper für verschiedene Körperhöhen sowie verschiedene Lastmassen (Jäger et al., 1989)

banden maximal akzeptierte Lasten bestimmt. Hierzu werden für vorher genau definierte Tätigkeiten und vorgegebene Hubfrequenzen über eine definierte Dauer Lasten angehoben. Die Arbeitsaufgabe soll unter dem Aspekt bewertet werden, daß sie für eine gesamte Schicht als ausführbar gehalten wird. Der Proband kann während der Tätigkeit bestimmen, ob bei den vorgegebenen Parametern das Lastgewicht erhöht oder verringert werden soll, das Absolutmaß des Lastgewichts bleibt für ihn jedoch unbekannt. Nach Ablauf der vorgegebenen Untersuchungsdauer ist dann die für den entsprechenden Probanden maximal akzeptierte Last bestimmt.

Im folgenden werden zwei wichtige Untersuchungen und deren Ergebnisse zur Ermittlung maximal akzeptierter Lasten beschrieben.

8.3.1 Empfohlene maximale Lasten nach Ayoub et al.

Die von Ayoub et al. (1980) erstellte Liste von maximal akzeptierten Lasten basiert sowohl auf Literaturangaben als auch auf eigenen Untersuchungen. Unter anderem wurde auch auf die im nachfolgenden Abschnitt 8.3.2 erwähnte Untersuchung von Snook (1978) zurückgegriffen. Es wurden maximal akzeptierte

Lasten für das Heben in Abhängigkeit der Aufnahmeposition, der Hubhöhe, der Hubfrequenz, der Abmessung des bewegten Objekts und des Geschlechts der Probanden ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 22 a, 22 b und 22 c (siehe Seite 100 ff.) angegeben.

8.3.2 Maximal akzeptierte Lasten nach Snook und Ciriello

Nach zahlreichen Untersuchungen (z.B. Snook 1978; Ciriello und Snook, 1983; Ciriello et al., 1990) wurden von Snook und Ciriello (1991) maximal akzeptierte Lasten auf Basis der psychophysikalischen Methode zusammengestellt. Die Untersuchungen wurden sowohl an Männern als auch an Frauen durchgeführt, die in der Regel in der Industrie beschäftigt waren. Die in den folgenden Tabellen angegebenen Werte basieren auf Untersuchungen an 119 Probanden (68 Männer und 51 Frauen). Ermittelt wurden maximal akzeptierte Lasten für das Heben, das Absetzen, das Tragen, das Schieben und das Ziehen von Lasten für unterschiedliche Tätigkeitsdauern. Variiert wurden dabei die Hubhöhen, die Tragedistanz sowie die Lasttiefe und die Lastbreite. Zur Dokumentation physiologischer Reaktionen wurden der Sauerstoffverbrauch und die Herzschlagfrequenz während der Tätigkeit

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 22 a:

Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) von „empfohlenen maximalen Lasten“ für Männer und Frauen beim Heben von Lasten vom Boden über unterschiedliche Hubwege unter Berücksichtigung verschiedener Lasttiefen*) und Hubfrequenzen (Ayoub et al.; 1980)

Anfangs-/Endhöhe	Lasttiefe*) in cm	Hubfrequenz in 1/min	empfohlene maximale Last (kg)			
			Männer		Frauen	
			MW	SD	MW	SD
Boden/Hüfte	30,48	1	30,25	8,56	19,79	3,11
		2	27,54	9,37	18,46	1,49
		4	23,83	6,70	15,82	3,23
		6	22,32	7,97	13,93	3,53
		8	20,81	7,83	13,18	3,21
		12	17,79	5,45	11,39	3,11
	45,72	1	26,68	7,78	17,45	3,11
		2	25,65	8,56	13,40	3,21
		4	23,62	9,46	12,82	4,89
		6	21,57	5,75	12,23	3,08
		8	19,53	6,29	11,56	2,04
		12	15,45	3,89	10,22	2,33
	60,96	1	24,07	7,78	15,56	3,11
		2	23,15	6,75	12,59	2,35
		4	21,33	7,47	12,40	2,66
		6			12,19	2,37
		8	19,50	5,16	11,29	2,67
		12	14,03	3,89	9,50	2,33
Boden/ Schulter	30,48	2	22,87	6,11	13,18	3,26
		4	21,57	5,48	12,97	1,54
		6	20,27	6,07	12,75	3,26
		8	18,98	6,20	12,55	1,94

*) Tiefe der Box in der Sagittalebene

Tabelle 22 a:
(Fortsetzung)

Anfangs-/ Endhöhe	Lasttiefe*) in cm	Hubfrequenz in 1/min	empfohlene maximale Last (kg)			
			Männer		Frauen	
			MW	SD	MW	SD
Boden/ Schulter (Fortsetzung)	45,72	2	24,05	3,17	14,27	2,80
		4	23,10	5,75	13,42	3,35
		6	22,15	4,80	12,57	4,66
		8	21,20	6,75	11,73	2,13
	60,96	2	22,83	5,07	13,09	2,81
		4	21,97	4,30	12,48	1,94
		6	21,11	3,76	11,88	2,44
		8	20,25	6,34	11,28	3,58
Boden/ Reichweite nach oben	30,48	2	21,38	5,03	12,36	2,17
		4	20,21	5,75	11,83	2,62
		6	19,05	3,12	11,30	2,80
		8	17,89	3,67	10,78	1,72
	45,72	2	24,41	6,16	12,59	2,04
		4	21,21	5,84	12,03	2,19
		6	18,01	3,89	11,47	1,85
		8	14,81	3,67	10,91	1,90
	60,96	2	18,43	5,25	11,96	2,85
		4	17,81	3,70	11,39	3,35
		6	17,19	3,98	10,84	2,26
		8	16,58	4,35	10,28	1,94

*) Tiefe der Box in der Sagittalebene

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 22 b:

Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) von „empfohlenen maximalen Lasten“ für Männer und Frauen beim Heben von Lasten aus Hüfthöhe über unterschiedliche Hubwege unter Berücksichtigung verschiedener Lasttiefen*) und Hubfrequenzen (Ayoub et al.; 1980)

Anfangs-/ Endhöhe	Lasttiefe*) in cm	Hubfrequenz in 1/min	empfohlene maximale Last (kg)			
			Männer		Frauen	
			MW	SD	MW	SD
Hüfte/ Schulter	30,48	1	23,84	7,00	14,38	2,33
		2	23,07	5,39	14,02	3,39
		4	21,53	7,09	13,29	2,09
		6	20,00	6,28	12,57	2,17
		8	18,45	5,39	11,84	3,62
	45,72	12	15,38	3,89	10,39	1,55
		1	26,89	6,23	13,20	2,33
		2	25,86	7,06	13,14	3,76
		4	23,82	8,74	13,02	2,22
		6	22,32	6,43	12,89	2,22
	60,96	8	20,06	5,34	11,37	3,03
		12	14,20	3,89	9,22	1,55
		1	20,93	6,23	12,95	2,33
		2	20,29	7,34	12,59	2,62
		4	19,02	7,47	11,86	3,21
Hüfte/ Reichweite nach oben	30,48	6	17,75	8,69	11,14	2,85
		8	16,49	7,29	10,42	2,35
		12	13,95	3,89	8,97	1,55
		2	21,24	6,56	12,63	3,48
	45,72	4	19,66	4,03	12,07	2,67
		6	18,07	4,84	11,52	2,13
		8	16,49	3,49	10,96	3,08
		2	23,82	3,94	11,73	1,63
	60,96	4	21,86	3,80	11,49	1,36
		6	19,90	3,17	11,24	1,85
		8	17,94	5,16	11,00	1,85
		2	23,64	5,98	14,08	2,17
		4	21,77	3,30	12,95	2,72
		6	19,90	2,04	11,82	1,22
		8	18,03	3,39	10,69	2,17

*) Tiefe der Box in der Sagittalebene

Tabelle 22 c:
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) von „empfohlenen maximalen Lasten“
für Männer und Frauen beim Heben von Lasten aus Schulterhöhe über unterschiedliche Hubwege
unter Berücksichtigung verschiedener Lasttiefen*) und Hubfrequenzen (Ayoub et al.; 1980)

Anfangs-/ Endhöhe	Lasttiefe*) in cm	Hubfrequenz in 1/min	empfohlene maximale Last (kg)			
			Männer		Frauen	
			MW	SD	MW	SD
Schulter/ Reichweite	30,48	1	22,57	7,00	12,39	1,55
		2	22,01	2,26	11,82	2,17
		4	20,90	6,52	10,70	1,75
		6	18,17	5,62	9,58	1,59
		8	15,08	3,85	8,45	2,17
	12	10,96	3,89	6,21	0,78	
	45,72	1	20,18	5,45	11,21	1,55
		2	18,66	5,34	10,73	1,90
		4	17,90	5,32	9,78	1,48
		6	17,14	7,74	8,83	1,63
		8	15,04	4,12	7,88	2,13
	12	10,96	2,33	5,98	1,55	
	60,96	1	19,93	5,45	11,55	1,55
		2	18,30	5,11	11,09	2,08
		4	17,48	4,99	10,19	1,81
6		17,31	4,84	9,96	1,20	
8		15,19	4,12	1,10	1,36	
12	10,96	2,33	5,98	0,78		

*) Tiefe der Box in der Sagittalebene

gemessen. Die Untersuchungen dauerten pro Proband insgesamt vier Stunden, wobei diese in fünf Blocks je 40 Minuten unterteilt waren. Zwischen jedem Block wurde eine Pause von zehn Minuten gegeben. Ein 40minütiger Block beinhaltete zwei verschiedene Arbeitsaufgaben, so

daß für jede Arbeitsaufgabe 20 Minuten zur Verfügung standen (Ciriello und Snook, 1983). Die Probanden hatten die jeweiligen Lasten innerhalb von 20 Minuten so einzuschätzen, daß sie diese über eine Acht-Stunden-Schicht für ausführbar hielten.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Die für das Heben, Absetzen und Tragen ermittelten maximal akzeptierten Lasten in Abhängigkeit der Tiefe der Testbox, der Aufnahmeposition, der Hubhöhe, der Hubfrequenz und des Geschlechts für unterschiedlich hohe Anteile der in der Industrie beschäftigten Bevölkerung sind in den Tabellen 23 bis 30 angegeben. Bei einigen maximal akzeptierten Lasten

wurde die von den Autoren gesetzte Dauerleistungsgrenze für die Sauerstoffaufnahme von 1 l/min bei Männern und 0,7 l/min bei Frauen überschritten. Diese Werte sind in den Tabellen durch Fettdruck kenntlich gemacht. Auf die Darstellung der Ergebnisse der Untersuchung von Schiebe- und Ziehtätigkeiten wird an dieser Stelle verzichtet.

Tabelle 23:

Maximal akzeptierte Lasten für Männer beim Heben/Senken im Bereich zwischen Hüfte und Schulter (Snook und Ciriello, 1991)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil*) [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Männer Heben/Senken im Bereich zwischen Boden und Hüfte Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
75	76	90	6 / 7	7 / 9	9 / 10	11 / 12	13 / 14	14 / 15	14 / 16	17 / 20
		75	9 / 10	11 / 13	13 / 14	16 / 18	19 / 20	20 / 22	21 / 22	24 / 29
		50	12 / 14	15 / 17	17 / 19	22 / 23	25 / 27	27 / 29	28 / 30	32 / 38
		25	15 / 17	18 / 21	21 / 24	28 / 29	31 / 33	34 / 36	35 / 37	41 / 47
		10	18 / 20	22 / 25	25 / 28	33 / 34	37 / 39	40 / 42	41 / 44	48 / 56
	51	90	6 / 8	8 / 10	9 / 11	12 / 13	13 / 15	15 / 16	15 / 17	17 / 21
		75	9 / 11	11 / 14	13 / 15	17 / 18	19 / 21	21 / 23	22 / 23	25 / 30
		50	13 / 14	15 / 18	18 / 20	23 / 24	26 / 28	28 / 30	29 / 31	34 / 40
		25	16 / 18	19 / 22	22 / 25	29 / 30	33 / 34	35 / 37	36 / 39	42 / 49
		10	19 / 21	22 / 26	26 / 29	34 / 36	38 / 41	42 / 44	43 / 46	50 / 58
	25	90	8 / 9	9 / 11	11 / 12	13 / 15	15 / 17	16 / 18	17 / 19	20 / 24
		75	11 / 13	13 / 16	15 / 17	19 / 21	22 / 24	24 / 25	24 / 26	28 / 34
		50	15 / 17	18 / 21	21 / 23	26 / 27	29 / 31	32 / 34	33 / 35	38 / 45
		25	18 / 21	22 / 26	26 / 29	33 / 34	37 / 39	40 / 42	41 / 44	48 / 56
		10	22 / 24	26 / 31	31 / 34	38 / 40	44 / 46	47 / 49	49 / 51	57 / 66

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

Tabelle 23:
(Fortsetzung)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil*) [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Männer Heben/Senken im Bereich zwischen Boden und Hüfte Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
49	76	90	7 / 8	8 / 10	10 / 11	13 / 15	15 / 17	16 / 18	17 / 19	20 / 24
		75	10 / 12	12 / 15	14 / 16	19 / 21	22 / 24	24 / 26	24 / 26	28 / 34
		50	14 / 15	16 / 19	19 / 21	26 / 27	29 / 31	32 / 34	33 / 35	38 / 45
		25	17 / 19	20 / 24	24 / 26	33 / 34	37 / 39	40 / 42	41 / 44	48 / 56
		10	20 / 25	24 / 28	28 / 31	38 / 40	43 / 46	47 / 49	48 / 51	57 / 65
	51	90	7 / 9	9 / 11	10 / 12	14 / 15	16 / 17	17 / 19	18 / 19	20 / 25
		75	10 / 12	13 / 15	15 / 17	20 / 22	23 / 25	25 / 26	25 / 28	30 / 35
		50	14 / 16	17 / 20	20 / 22	27 / 29	30 / 33	33 / 35	34 / 37	40 / 47
		25	18 / 20	21 / 25	25 / 27	34 / 36	38 / 41	42 / 44	43 / 46	50 / 58
		10	21 / 23	25 / 29	29 / 32	40 / 42	45 / 48	49 / 51	50 / 54	59 / 68
	25	90	8 / 10	10 / 13	12 / 14	16 / 17	18 / 20	19 / 21	20 / 22	23 / 28
		75	12 / 14	15 / 18	17 / 19	23 / 24	26 / 28	28 / 30	29 / 31	33 / 40
		50	16 / 19	20 / 24	23 / 26	30 / 32	34 / 37	37 / 40	38 / 41	45 / 54
		25	21 / 23	25 / 29	29 / 32	38 / 40	43 / 46	47 / 49	48 / 51	56 / 65
		10	24 / 27	29 / 34	34 / 38	45 / 47	51 / 54	56 / 58	57 / 60	67 / 77
34	76	90	8 / 10	10 / 12	11 / 13	15 / 17	17 / 19	19 / 21	19 / 21	23 / 27
		75	12 / 14	14 / 17	17 / 19	22 / 24	25 / 27	28 / 29	28 / 30	33 / 39
		50	16 / 18	19 / 23	22 / 25	30 / 32	34 / 36	37 / 39	38 / 40	44 / 51
		25	20 / 23	24 / 29	28 / 31	37 / 39	42 / 45	47 / 48	47 / 50	55 / 64
		10	24 / 27	29 / 34	33 / 37	44 / 46	50 / 53	54 / 57	56 / 59	65 / 75
	51	90	9 / 10	10 / 13	12 / 14	16 / 17	18 / 20	20 / 22	20 / 22	24 / 29
		75	12 / 14	15 / 18	18 / 20	23 / 25	26 / 28	28 / 30	29 / 32	34 / 40
		50	17 / 19	20 / 24	24 / 26	31 / 33	35 / 37	38 / 40	39 / 42	46 / 53
		25	21 / 24	25 / 30	30 / 33	39 / 41	44 / 47	48 / 50	49 / 52	57 / 67
		10	25 / 28	30 / 35	35 / 38	46 / 48	52 / 55	57 / 59	58 / 62	68 / 78
	25	90	10 / 12	12 / 15	14 / 16	18 / 20	20 / 23	22 / 24	23 / 25	27 / 32
		75	15 / 17	18 / 21	21 / 23	26 / 28	30 / 32	32 / 34	33 / 36	38 / 46
		50	20 / 23	24 / 28	28 / 31	35 / 37	40 / 42	43 / 46	44 / 47	52 / 60
		25	26 / 28	30 / 35	35 / 38	44 / 46	50 / 53	54 / 57	55 / 59	65 / 75
		10	29 / 33	35 / 41	41 / 45	52 / 54	59 / 62	64 / 67	66 / 70	76 / 89

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 24:

Maximal akzeptierte Lasten für Männer beim Heben/Senken im Bereich zwischen Hüfte und Schulter (Snook und Ciriello, 1991)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil* [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Männer Heben/Senken im Bereich zwischen Hüfte und Schulter Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
75	76	90	8 / 10	10 / 11	12 / 14	13 / 14	14 / 15	14 / 15	16 / 16	17 / 19
		75	10 / 13	14 / 16	16 / 18	18 / 18	18 / 21	19 / 21	21 / 21	23 / 26
		50	13 / 18	17 / 20	20 / 24	22 / 24	23 / 27	24 / 27	26 / 28	29 / 34
		25	16 / 21	21 / 25	24 / 29	27 / 29	27 / 34	28 / 34	32 / 34	35 / 42
		10	19 / 25	24 / 29	28 / 34	31 / 34	32 / 39	33 / 39	37 / 39	40 / 49
	51	90	8 / 11	11 / 12	13 / 14	15 / 15	15 / 17	16 / 17	18 / 18	19 / 22
		75	11 / 14	15 / 17	17 / 20	20 / 21	20 / 24	21 / 24	23 / 24	25 / 30
		50	14 / 19	19 / 21	21 / 25	25 / 27	25 / 31	26 / 31	29 / 31	32 / 38
		25	17 / 23	23 / 26	26 / 31	30 / 33	31 / 38	32 / 38	36 / 38	39 / 47
		10	20 / 27	26 / 31	30 / 36	35 / 38	36 / 44	37 / 44	41 / 44	45 / 55
	25	90	10 / 12	13 / 14	15 / 17	18 / 18	18 / 21	19 / 21	21 / 21	23 / 26
		75	13 / 17	17 / 20	20 / 23	23 / 24	24 / 28	25 / 28	27 / 28	30 / 35
		50	17 / 22	22 / 25	25 / 30	30 / 32	30 / 36	31 / 36	35 / 37	38 / 45
		25	20 / 27	27 / 31	30 / 37	36 / 39	36 / 44	38 / 44	42 / 45	46 / 56
		10	23 / 31	31 / 36	35 / 43	42 / 45	42 / 52	44 / 52	49 / 52	53 / 65
49	76	90	8 / 10	10 / 11	12 / 14	13 / 14	14 / 15	14 / 15	16 / 16	17 / 19
		75	10 / 13	14 / 16	16 / 18	18 / 18	18 / 21	19 / 21	21 / 21	23 / 26
		50	13 / 18	17 / 20	20 / 24	22 / 24	23 / 27	24 / 27	26 / 28	29 / 34
		25	16 / 21	21 / 25	24 / 29	27 / 29	27 / 34	28 / 34	32 / 34	35 / 42
		10	19 / 25	24 / 29	28 / 34	31 / 34	32 / 39	33 / 39	37 / 39	40 / 49
	51	90	8 / 11	11 / 12	13 / 14	15 / 15	15 / 17	16 / 17	18 / 18	19 / 22
		75	11 / 14	15 / 17	17 / 20	20 / 21	20 / 24	21 / 24	23 / 24	25 / 30
		50	14 / 19	19 / 21	21 / 25	25 / 27	25 / 31	26 / 31	29 / 31	32 / 38
		25	17 / 23	23 / 26	26 / 31	30 / 33	31 / 38	32 / 38	36 / 38	39 / 47
		10	20 / 27	26 / 31	30 / 36	35 / 38	36 / 44	37 / 44	41 / 44	45 / 55
	25	90	10 / 12	13 / 14	15 / 17	18 / 18	18 / 21	19 / 21	21 / 21	23 / 26
		75	13 / 17	17 / 20	20 / 23	23 / 24	24 / 28	25 / 28	27 / 28	30 / 35
		50	17 / 22	22 / 25	25 / 30	30 / 32	30 / 36	31 / 36	35 / 37	38 / 45
		25	20 / 27	27 / 31	30 / 37	36 / 39	36 / 44	38 / 44	42 / 45	46 / 56
		10	23 / 31	31 / 36	35 / 43	42 / 45	42 / 52	44 / 52	49 / 52	53 / 65

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung

Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

Tabelle 24:
(Fortsetzung)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil*) [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Männer Heben/Senken im Bereich zwischen Hüfte und Schulter Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
34	76	90	8 / 11	11 / 12	13 / 14	15 / 15	15 / 17	16 / 17	18 / 18	19 / 22
		75	11 / 14	15 / 17	17 / 20	20 / 21	20 / 24	21 / 24	23 / 24	25 / 30
		50	14 / 19	19 / 21	21 / 25	25 / 27	25 / 31	26 / 31	29 / 31	32 / 38
		25	17 / 23	23 / 26	26 / 31	30 / 33	31 / 38	32 / 38	36 / 38	39 / 47
		10	20 / 27	26 / 31	30 / 36	35 / 38	36 / 44	37 / 44	41 / 44	45 / 55
	51	90	9 / 11	12 / 13	14 / 15	17 / 17	17 / 20	18 / 20	20 / 20	22 / 24
		75	12 / 15	16 / 18	18 / 21	22 / 23	23 / 27	23 / 27	26 / 27	29 / 33
		50	15 / 20	20 / 23	23 / 27	28 / 30	29 / 35	30 / 35	33 / 35	36 / 43
		25	18 / 24	24 / 28	27 / 33	34 / 37	35 / 42	36 / 42	40 / 43	44 / 53
		10	21 / 28	28 / 33	32 / 39	40 / 43	40 / 49	42 / 49	46 / 50	51 / 62
	25	90	11 / 13	14 / 15	16 / 18	20 / 20	20 / 23	21 / 23	23 / 23	26 / 29
		75	14 / 18	18 / 21	21 / 25	26 / 27	27 / 31	28 / 31	31 / 32	34 / 39
		50	18 / 23	23 / 27	27 / 32	33 / 35	34 / 41	35 / 41	39 / 41	43 / 51
		25	21 / 29	28 / 33	32 / 39	40 / 43	41 / 50	42 / 50	47 / 50	52 / 63
		10	25 / 33	33 / 39	37 / 46	47 / 51	47 / 58	49 / 58	55 / 59	60 / 73

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 25:

Maximal akzeptierte Lasten für Männer beim Heben/Senken im Bereich zwischen Schulter und Reichweite der nach oben ausgestreckten Arme*) (Snook und Ciriello, 1991)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil* [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Männer – Heben/Senken im Bereich zwischen Schulter und Reichweite der nach oben ausgestreckten Arme Hubfrequenz; † Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
75	76	90	6 / 6	8 / 7	9 / 9	10 / 9	10 / 10	11 / 10	12 / 11	13 / 13
		75	8 / 9	10 / 10	12 / 12	14 / 12	14 / 14	14 / 14	16 / 14	17 / 18
		50	10 / 11	13 / 13	15 / 15	17 / 16	17 / 18	18 / 18	20 / 19	22 / 23
		25	11 / 14	16 / 16	18 / 19	21 / 20	21 / 23	22 / 23	24 / 23	27 / 28
		10	14 / 16	18 / 19	21 / 22	24 / 23	24 / 26	25 / 26	28 / 27	31 / 33
	51	90	6 / 7	8 / 8	9 / 9	12 / 10	12 / 12	12 / 12	14 / 12	15 / 15
		75	8 / 9	11 / 11	12 / 13	15 / 14	15 / 16	16 / 16	18 / 16	20 / 20
		50	10 / 12	14 / 14	16 / 16	19 / 18	20 / 21	20 / 21	23 / 21	25 / 26
		25	13 / 15	17 / 17	19 / 20	23 / 22	24 / 25	25 / 25	27 / 26	30 / 32
		10	15 / 17	19 / 20	21 / 24	27 / 26	27 / 30	29 / 30	32 / 30	35 / 37
	25	90	7 / 8	10 / 9	11 / 11	14 / 12	14 / 14	14 / 14	16 / 14	18 / 17
		75	10 / 11	13 / 13	15 / 15	18 / 16	18 / 19	19 / 19	21 / 19	23 / 24
		50	12 / 14	16 / 16	19 / 19	23 / 21	23 / 24	24 / 24	27 / 25	29 / 31
		25	15 / 17	20 / 20	22 / 24	28 / 26	28 / 30	29 / 30	32 / 30	35 / 38
		10	17 / 20	23 / 23	26 / 28	32 / 30	32 / 35	34 / 35	38 / 35	41 / 44
49	76	90	7 / 7	9 / 8	10 / 10	12 / 11	12 / 12	13 / 12	14 / 12	16 / 15
		75	9 / 10	11 / 11	13 / 14	16 / 15	16 / 17	17 / 17	19 / 17	21 / 21
		50	11 / 13	15 / 15	17 / 17	20 / 19	21 / 22	21 / 22	24 / 22	26 / 27
		25	13 / 16	18 / 18	20 / 21	25 / 23	25 / 27	26 / 27	29 / 27	31 / 33
		10	15 / 18	21 / 21	23 / 25	28 / 27	29 / 31	30 / 31	33 / 31	36 / 39
	51	90	7 / 8	9 / 9	11 / 10	14 / 12	14 / 14	14 / 14	16 / 14	18 / 17
		75	9 / 10	12 / 12	14 / 14	18 / 16	18 / 19	19 / 19	21 / 19	23 / 24
		50	12 / 14	15 / 16	18 / 18	23 / 21	23 / 24	24 / 24	27 / 25	29 / 31
		25	14 / 17	19 / 19	21 / 23	28 / 26	28 / 30	29 / 30	32 / 30	35 / 37
		10	16 / 19	22 / 22	25 / 26	32 / 30	32 / 35	34 / 35	37 / 35	41 / 44
	25	90	9 / 9	11 / 10	12 / 12	16 / 14	16 / 16	17 / 16	19 / 16	21 / 20
		75	11 / 12	14 / 14	16 / 17	21 / 19	21 / 22	22 / 22	25 / 22	27 / 28
		50	14 / 16	18 / 18	21 / 22	27 / 25	27 / 29	28 / 29	32 / 29	35 / 36
		25	16 / 20	22 / 23	25 / 27	33 / 31	33 / 35	34 / 35	38 / 36	42 / 44
		10	19 / 23	25 / 26	29 / 31	38 / 36	38 / 41	40 / 41	44 / 42	48 / 52

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

Tabelle 25:
(Fortsetzung)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil* [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Männer – Heben/Senken im Bereich zwischen Schulter und Reichweite der nach oben ausgestreckten Arme Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
34	76	90	8 / 9	10 / 10	12 / 12	14 / 12	14 / 14	15 / 14	16 / 14	18 / 18
		75	10 / 12	14 / 13	16 / 16	18 / 17	19 / 19	19 / 19	22 / 19	24 / 24
		50	13 / 15	17 / 17	20 / 21	23 / 22	24 / 25	25 / 25	27 / 25	30 / 31
		25	16 / 19	21 / 21	24 / 25	28 / 27	29 / 31	30 / 31	33 / 31	36 / 38
		10	18 / 22	24 / 25	28 / 30	33 / 31	33 / 36	34 / 36	38 / 36	42 / 45
	51	90	8 / 9	11 / 10	13 / 12	16 / 14	16 / 16	17 / 16	18 / 16	20 / 20
		75	11 / 12	14 / 14	17 / 17	21 / 19	21 / 22	22 / 22	24 / 22	26 / 27
		50	14 / 16	18 / 19	21 / 22	26 / 24	27 / 28	28 / 28	31 / 28	34 / 35
		25	17 / 20	22 / 23	25 / 27	32 / 30	32 / 34	33 / 34	37 / 35	41 / 43
		10	19 / 23	26 / 27	29 / 31	37 / 35	37 / 40	39 / 40	43 / 40	47 / 50
	25	90	10 / 11	13 / 12	15 / 15	19 / 16	19 / 19	19 / 19	22 / 19	24 / 23
		75	13 / 15	17 / 17	20 / 20	24 / 22	25 / 26	26 / 26	29 / 26	31 / 32
		50	16 / 19	22 / 22	25 / 26	31 / 29	31 / 33	33 / 33	36 / 33	40 / 41
		25	20 / 23	26 / 27	30 / 32	37 / 35	38 / 41	39 / 41	44 / 41	46 / 51
		10	23 / 27	30 / 31	35 / 37	43 / 41	44 / 47	45 / 47	51 / 48	55 / 59

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 26:

Maximal akzeptierte Lasten für Frauen beim Heben/Senken im Bereich zwischen Boden und Hüfte (Snook und Ciriello, 1991)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil*)	Maximal akzeptierte Last [kg] für Frauen Heben/Senken im Bereich zwischen Boden und Hüfte Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
75	76	90	5 / 5	6 / 6	7 / 7	7 / 7	8 / 8	8 / 8	9 / 9	12 / 12
		75	7 / 6	8 / 8	9 / 8	9 / 9	10 / 10	10 / 10	11 / 11	14 / 14
		50	8 / 7	10 / 9	10 / 10	11 / 11	12 / 12	12 / 12	13 / 13	17 / 17
		25	9 / 9	11 / 11	12 / 12	13 / 12	14 / 14	14 / 14	15 / 15	21 / 20
		10	11 / 10	13 / 13	14 / 13	14 / 14	15 / 15	16 / 16	17 / 17	23 / 23
	51	90	6 / 6	7 / 7	8 / 7	8 / 8	9 / 9	9 / 10	10 / 10	14 / 14
		75	7 / 7	9 / 8	9 / 9	10 / 10	11 / 11	11 / 12	13 / 13	17 / 17
		50	9 / 8	10 / 10	11 / 11	12 / 12	13 / 14	14 / 14	15 / 15	21 / 20
		25	10 / 10	12 / 12	13 / 13	15 / 14	16 / 16	16 / 17	18 / 18	24 / 24
		10	11 / 11	14 / 13	15 / 14	17 / 16	18 / 18	18 / 19	20 / 20	27 / 27
	25	90	6 / 6	8 / 8	8 / 8	9 / 9	9 / 10	9 / 10	11 / 11	14 / 14
		75	8 / 8	10 / 10	11 / 10	11 / 11	12 / 12	12 / 12	13 / 13	18 / 17
		50	10 / 9	12 / 11	13 / 12	13 / 13	14 / 14	14 / 15	16 / 16	21 / 21
		25	11 / 11	14 / 13	15 / 14	15 / 15	16 / 17	17 / 17	19 / 19	25 / 25
		10	13 / 12	16 / 15	17 / 16	17 / 17	19 / 19	19 / 20	21 / 21	29 / 28
49	76	90	5 / 5	6 / 6	7 / 7	8 / 8	8 / 8	8 / 9	9 / 10	13 / 13
		75	7 / 6	8 / 8	9 / 8	10 / 9	10 / 10	10 / 11	12 / 12	16 / 16
		50	8 / 8	10 / 9	10 / 10	12 / 11	12 / 13	13 / 13	14 / 14	19 / 19
		25	9 / 9	11 / 11	12 / 12	14 / 13	15 / 15	15 / 16	17 / 17	22 / 22
		10	11 / 10	13 / 13	14 / 13	15 / 15	17 / 17	17 / 18	19 / 19	25 / 25
	51	90	6 / 6	7 / 7	8 / 7	9 / 9	10 / 10	10 / 10	11 / 11	15 / 15
		75	7 / 7	9 / 8	9 / 9	11 / 11	12 / 12	12 / 13	14 / 14	18 / 18
		50	9 / 8	10 / 10	11 / 11	13 / 13	15 / 15	15 / 15	16 / 16	22 / 22
		25	10 / 10	12 / 12	13 / 13	16 / 15	17 / 17	17 / 18	19 / 19	26 / 26
		10	11 / 11	14 / 13	15 / 14	18 / 17	19 / 19	20 / 20	22 / 22	30 / 29
	25	90	6 / 6	8 / 8	8 / 8	9 / 9	10 / 10	10 / 11	11 / 12	15 / 15
		75	8 / 8	10 / 10	11 / 10	12 / 11	12 / 13	13 / 13	14 / 14	19 / 19
		50	10 / 9	12 / 11	13 / 12	14 / 14	15 / 15	15 / 16	17 / 17	23 / 23
		25	11 / 11	14 / 13	15 / 14	16 / 16	18 / 18	18 / 19	20 / 20	27 / 27
		10	13 / 12	16 / 15	17 / 16	19 / 18	20 / 20	21 / 21	23 / 23	31 / 30

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

Tabelle 26:
(Fortsetzung)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil* [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Frauen Heben/Senken im Bereich zwischen Boden und Hüfte Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
34	76	90	7 / 6	8 / 8	9 / 9	9 / 9	10 / 10	10 / 11	11 / 12	15 / 15
		75	8 / 8	10 / 10	11 / 11	12 / 11	13 / 13	13 / 13	14 / 14	19 / 19
		50	10 / 10	12 / 12	13 / 13	14 / 14	15 / 15	16 / 16	17 / 17	23 / 23
		25	12 / 11	14 / 14	15 / 15	17 / 16	18 / 18	18 / 19	20 / 20	27 / 27
		10	13 / 13	16 / 16	18 / 17	19 / 18	20 / 20	21 / 21	23 / 23	31 / 30
	51	90	7 / 7	9 / 9	9 / 9	11 / 11	12 / 12	12 / 13	13 / 14	18 / 18
		75	9 / 9	11 / 11	12 / 11	14 / 13	15 / 15	15 / 16	16 / 17	22 / 22
		50	11 / 10	13 / 13	14 / 14	16 / 16	18 / 18	18 / 19	20 / 20	27 / 27
		25	13 / 12	15 / 15	17 / 16	19 / 19	21 / 21	21 / 22	24 / 24	32 / 31
		10	14 / 14	18 / 17	19 / 18	22 / 21	24 / 24	24 / 25	27 / 27	36 / 35
	25	90	8 / 8	10 / 10	11 / 10	11 / 11	12 / 13	12 / 13	14 / 14	19 / 19
		75	10 / 10	12 / 12	13 / 13	14 / 14	15 / 15	15 / 16	17 / 17	23 / 23
		50	12 / 12	15 / 14	16 / 15	17 / 17	18 / 19	19 / 20	21 / 21	28 / 28
		25	14 / 14	17 / 17	19 / 18	20 / 20	22 / 22	22 / 23	24 / 24	33 / 33
		10	16 / 15	20 / 19	21 / 20	23 / 22	25 / 25	25 / 26	28 / 28	38 / 37

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 27:

Maximal akzeptierte Lasten für Frauen beim Heben/Senken im Bereich zwischen Hüfte und Schulter (Snook und Ciriello, 1991)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil* [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Frauen Heben/Senken im Bereich zwischen Hüfte und Schulter Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
75	76	90	5 / 6	6 / 6	7 / 7	9 / 8	9 / 9	9 / 10	10 / 10	12 / 13
		75	6 / 7	7 / 8	8 / 8	10 / 10	11 / 11	11 / 12	12 / 12	14 / 15
		50	7 / 8	8 / 9	9 / 10	11 / 12	12 / 13	12 / 14	13 / 14	16 / 18
		25	8 / 9	9 / 11	10 / 11	13 / 13	14 / 15	14 / 17	15 / 17	18 / 21
		10	9 / 11	10 / 12	11 / 13	14 / 15	15 / 17	15 / 19	17 / 19	20 / 24
	51	90	6 / 7	7 / 8	8 / 8	9 / 9	10 / 10	10 / 11	11 / 11	13 / 14
		75	7 / 8	8 / 9	9 / 9	11 / 11	12 / 12	12 / 13	13 / 13	15 / 17
		50	9 / 10	9 / 11	11 / 11	13 / 13	14 / 15	14 / 16	15 / 16	17 / 20
		25	10 / 11	11 / 13	12 / 13	14 / 15	16 / 17	16 / 19	17 / 19	20 / 23
		10	11 / 13	12 / 15	14 / 15	16 / 17	17 / 19	17 / 21	19 / 21	22 / 26
	25	90	6 / 7	7 / 8	8 / 8	10 / 10	11 / 11	11 / 12	12 / 12	14 / 15
		75	7 / 8	8 / 9	9 / 9	12 / 12	13 / 13	13 / 15	14 / 15	17 / 19
		50	9 / 10	10 / 11	11 / 11	14 / 14	15 / 16	15 / 18	16 / 18	19 / 22
		25	10 / 11	11 / 13	12 / 13	16 / 16	17 / 19	17 / 20	19 / 20	22 / 26
		10	11 / 13	12 / 15	14 / 15	18 / 19	19 / 21	19 / 23	21 / 23	24 / 29
49	76	90	5 / 6	6 / 6	7 / 7	9 / 8	9 / 9	9 / 10	10 / 10	12 / 13
		75	6 / 7	7 / 8	8 / 8	10 / 10	11 / 11	11 / 12	12 / 12	14 / 15
		50	7 / 8	8 / 9	9 / 10	11 / 12	12 / 13	12 / 14	13 / 14	16 / 18
		25	8 / 9	9 / 11	10 / 11	13 / 13	14 / 15	14 / 17	15 / 17	18 / 21
		10	9 / 11	10 / 12	11 / 13	14 / 15	15 / 17	15 / 19	17 / 19	20 / 24
	51	90	6 / 7	7 / 8	8 / 8	9 / 9	10 / 10	10 / 11	11 / 11	13 / 14
		75	7 / 8	8 / 9	9 / 10	11 / 11	12 / 12	12 / 13	13 / 13	15 / 17
		50	9 / 10	9 / 11	11 / 11	13 / 13	14 / 15	14 / 16	15 / 16	17 / 20
		25	10 / 11	11 / 13	12 / 13	14 / 15	16 / 17	16 / 19	17 / 19	20 / 23
		10	11 / 13	12 / 15	14 / 15	16 / 17	17 / 19	17 / 21	19 / 21	22 / 26
	25	90	6 / 7	7 / 8	8 / 8	10 / 10	11 / 11	11 / 12	12 / 12	14 / 15
		75	7 / 8	8 / 9	9 / 10	12 / 12	13 / 13	13 / 15	14 / 15	17 / 19
		50	9 / 10	10 / 11	11 / 11	14 / 14	15 / 16	15 / 18	16 / 18	19 / 22
		25	10 / 11	11 / 13	12 / 13	16 / 16	17 / 19	17 / 20	19 / 20	22 / 26
		10	11 / 13	12 / 15	14 / 15	18 / 19	19 / 21	19 / 23	21 / 23	24 / 29

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

Tabelle 27:
(Fortsetzung)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil* [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Frauen Heben/Senken im Bereich zwischen Hüfte und Schulter Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
34	76	90	6 / 7	7 / 8	8 / 8	9 / 9	10 / 10	10 / 11	11 / 11	13 / 14
		75	7 / 8	8 / 9	9 / 9	11 / 11	12 / 12	12 / 13	13 / 13	15 / 17
		50	9 / 10	9 / 11	11 / 11	13 / 13	14 / 15	14 / 16	15 / 16	17 / 20
		25	10 / 11	11 / 13	12 / 13	14 / 15	16 / 17	16 / 19	17 / 19	20 / 23
		10	11 / 12	12 / 14	13 / 15	16 / 17	17 / 19	17 / 21	19 / 21	22 / 26
	51	90	8 / 8	8 / 9	9 / 9	10 / 10	11 / 11	11 / 12	12 / 12	14 / 15
		75	9 / 9	10 / 11	11 / 11	12 / 12	13 / 14	13 / 15	14 / 15	17 / 19
		50	10 / 11	11 / 13	13 / 13	14 / 14	15 / 16	15 / 18	17 / 18	19 / 22
		25	12 / 13	13 / 15	14 / 15	16 / 17	17 / 19	17 / 21	19 / 21	22 / 26
		10	13 / 16	14 / 17	16 / 17	18 / 19	19 / 21	19 / 23	21 / 23	24 / 29
	25	90	8 / 8	8 / 9	9 / 9	12 / 11	12 / 12	12 / 13	14 / 13	16 / 17
		75	9 / 9	10 / 11	11 / 11	13 / 13	14 / 15	14 / 16	16 / 16	18 / 21
		50	10 / 11	11 / 13	13 / 13	16 / 16	17 / 18	17 / 20	18 / 20	21 / 25
		25	12 / 13	13 / 15	14 / 15	18 / 18	19 / 21	19 / 23	21 / 23	24 / 29
		10	13 / 15	14 / 17	16 / 17	19 / 21	21 / 23	21 / 26	23 / 26	27 / 32

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 28:

Maximal akzeptierte Lasten für Frauen beim Heben/Senken im Bereich zwischen Schulter und Reichweite der nach oben ausgestreckten Arme (Snook und Ciriello, 1991)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil*) [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Frauen – Heben/Senken im Bereich zwischen Schulter und Reichweite der nach oben ausgestreckten Arme Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
75	76	90	4 / 5	5 / 5	5 / 5	6 / 6	7 / 7	7 / 7	7 / 7	8 / 9
		75	5 / 5	6 / 6	6 / 6	7 / 7	8 / 8	8 / 9	8 / 9	10 / 11
		50	6 / 7	7 / 8	7 / 8	8 / 8	9 / 10	9 / 10	10 / 10	11 / 13
		25	7 / 8	7 / 9	8 / 9	9 / 10	10 / 11	10 / 12	11 / 12	13 / 15
		10	7 / 9	8 / 10	9 / 10	10 / 11	11 / 12	11 / 14	12 / 14	14 / 17
	51	90	5 / 5	6 / 6	7 / 6	7 / 6	7 / 7	7 / 8	8 / 8	9 / 10
		75	6 / 7	7 / 7	8 / 8	8 / 8	9 / 9	9 / 10	9 / 10	11 / 12
		50	7 / 8	8 / 9	9 / 9	9 / 9	10 / 11	10 / 12	11 / 12	13 / 15
		25	8 / 9	9 / 10	10 / 11	10 / 11	11 / 12	11 / 13	12 / 13	14 / 17
		10	9 / 10	10 / 12	11 / 12	12 / 12	13 / 14	13 / 15	14 / 15	16 / 19
	25	90	5 / 5	6 / 6	7 / 6	8 / 7	8 / 8	8 / 9	9 / 9	10 / 11
		75	6 / 7	7 / 7	8 / 8	9 / 9	9 / 10	9 / 11	10 / 11	12 / 13
50		7 / 8	8 / 9	9 / 9	10 / 10	11 / 12	11 / 13	12 / 13	14 / 16	
25		8 / 9	9 / 10	10 / 11	12 / 12	12 / 13	12 / 15	14 / 15	16 / 19	
10		9 / 10	10 / 12	11 / 12	13 / 13	14 / 15	14 / 17	15 / 17	17 / 21	
49	76	90	4 / 5	5 / 5	5 / 5	7 / 6	7 / 7	7 / 8	8 / 8	9 / 10
		75	5 / 5	6 / 6	6 / 6	8 / 8	8 / 9	8 / 9	9 / 9	11 / 12
		50	6 / 7	7 / 8	7 / 8	9 / 9	10 / 10	10 / 11	11 / 11	12 / 14
		25	7 / 8	7 / 9	8 / 9	10 / 11	11 / 12	11 / 13	12 / 13	14 / 16
		10	7 / 9	8 / 10	9 / 10	11 / 12	12 / 13	12 / 15	13 / 15	15 / 19
	51	90	5 / 5	6 / 6	7 / 6	7 / 7	8 / 8	8 / 9	9 / 9	10 / 11
		75	6 / 7	7 / 7	8 / 8	9 / 8	9 / 10	9 / 10	10 / 10	12 / 13
		50	7 / 8	8 / 9	9 / 9	10 / 10	11 / 11	11 / 13	12 / 13	14 / 16
		25	8 / 9	9 / 10	10 / 11	11 / 12	12 / 13	12 / 15	13 / 15	15 / 18
		10	9 / 10	10 / 12	11 / 12	13 / 13	14 / 15	14 / 16	15 / 16	17 / 21
	25	90	5 / 5	6 / 6	7 / 6	8 / 8	9 / 9	9 / 9	10 / 9	11 / 12
		75	6 / 7	7 / 7	8 / 8	9 / 9	10 / 10	10 / 12	11 / 12	13 / 14
50		7 / 8	8 / 9	9 / 9	11 / 11	12 / 13	12 / 14	13 / 14	15 / 17	
25		8 / 9	9 / 10	10 / 11	12 / 13	13 / 15	13 / 16	15 / 16	17 / 20	
10		9 / 10	10 / 12	11 / 12	14 / 15	15 / 16	15 / 18	16 / 18	19 / 23	

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

Tabelle 28:
(Fortsetzung)

Lasttiefe [cm]	Hubweg [cm]	Anteil* [%]	Maximal akzeptierte Last [kg] für Frauen — Heben/Senken im Bereich zwischen Schulter und Reichweite der nach oben ausgestreckten Arme Hubfrequenz; 1 Hub je							
			5 s	9 s	14 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
34	76	90	5 / 6	6 / 6	7 / 7	8 / 8	9 / 9	9 / 9	10 / 9	11 / 12
		75	6 / 7	7 / 8	8 / 8	9 / 9	10 / 10	10 / 11	11 / 11	13 / 14
		50	7 / 8	8 / 9	9 / 10	11 / 11	12 / 13	12 / 14	13 / 14	15 / 17
		25	8 / 9	9 / 11	10 / 11	12 / 13	13 / 15	13 / 16	15 / 16	17 / 20
		10	9 / 11	10 / 12	11 / 13	14 / 14	15 / 16	15 / 18	16 / 18	19 / 23
	51	90	7 / 7	7 / 8	8 / 8	9 / 8	10 / 10	10 / 11	11 / 11	12 / 13
		75	8 / 8	8 / 9	9 / 10	11 / 10	11 / 12	11 / 13	12 / 13	14 / 16
		50	9 / 10	10 / 11	11 / 11	12 / 12	13 / 14	13 / 15	14 / 15	17 / 19
		25	10 / 11	11 / 13	12 / 13	14 / 14	15 / 16	15 / 18	16 / 18	19 / 22
		10	11 / 13	12 / 15	14 / 15	15 / 16	16 / 18	16 / 20	18 / 20	21 / 25
	25	90	7 / 7	7 / 8	8 / 8	10 / 9	11 / 11	11 / 12	12 / 12	14 / 15
		75	8 / 8	8 / 9	9 / 10	12 / 11	12 / 13	12 / 14	14 / 14	16 / 18
		50	9 / 10	10 / 11	11 / 11	13 / 14	14 / 15	14 / 17	16 / 17	18 / 21
		25	10 / 11	11 / 13	12 / 13	15 / 16	16 / 18	16 / 19	18 / 19	21 / 24
		10	11 / 13	12 / 15	14 / 15	17 / 18	18 / 20	18 / 22	20 / 22	23 / 28

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 29:

Maximal akzeptierte Lasten für das Tragen von Lasten bei Männern (Snook und Ciriello, 1991)

Tragedistanz [m]	Höhe [cm]	Anteil*) [%]	Maximal akzeptierte Lasten [kg] für Männer Tragen von Lasten Tragefrequenz: 1 Tragevorgang je						
			6 s	12 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
2,1	111	90	10	14	17	17	19	21	25
		75	14	19	23	23	26	29	34
		50	19	25	30	30	33	38	44
		25	23	30	37	37	41	46	54
		10	27	35	43	43	48	54	63
	79	90	13	17	21	21	23	26	31
		75	18	23	28	29	32	36	42
		50	23	30	37	37	41	46	54
		25	28	37	45	46	51	57	67
		10	33	43	53	53	59	66	78
4,3	111	90	9	11	15	15	17	19	22
		75	13	16	21	21	23	26	30
		50	17	20	27	27	30	34	39
		25	20	25	33	33	37	41	48
		10	24	29	38	39	43	48	57
	79	90	11	14	18	19	21	23	27
		75	16	19	25	25	28	32	37
		50	20	25	32	33	36	41	48
		25	25	30	40	40	45	50	59
		10	29	35	47	47	52	59	69
8,5	111	90	10	11	13	13	15	17	20
		75	13	15	18	18	20	23	27
		50	17	19	23	24	26	29	35
		25	21	24	29	29	32	36	43
		10	24	28	34	34	38	42	50
	79	90	13	15	17	18	20	22	26
		75	17	20	24	24	27	30	35
		50	22	26	31	31	35	39	46
		25	27	32	38	38	42	48	56
		10	32	38	44	45	50	56	65

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

Tabelle 30:
Maximal akzeptierte Lasten für das Tragen von Lasten bei Frauen (Snook und Ciriello, 1991)

Tragedistanz [m]	Höhe [cm]	Anteil* [%]	Maximal akzeptierte Lasten [kg] für Frauen Tragen von Lasten Tragefrequenz: 1 Tragevorgang je						
			6 s	12 s	1 min	2 min	5 min	30 min	8 h
2,1	105	90	11	12	13	13	13	13	18
		75	13	14	15	15	16	16	21
		50	15	16	18	18	18	18	25
		25	17	18	20	20	21	21	28
		10	19	20	22	22	23	23	31
	72	90	13	14	16	16	16	16	22
		75	15	17	18	18	19	19	25
		50	17	19	21	21	22	22	29
		25	20	22	24	24	25	25	33
		10	22	24	27	27	28	28	37
4,3	105	90	9	10	13	13	13	13	18
		75	11	12	15	15	16	16	21
		50	12	13	18	18	18	18	24
		25	14	15	20	20	21	21	28
		10	16	17	22	22	23	23	31
	72	90	10	11	14	14	14	14	20
		75	11	13	16	16	17	17	23
		50	13	15	19	19	20	20	26
		25	15	17	22	22	22	22	30
		10	17	19	24	24	25	25	33
8,5	105	90	10	11	12	12	12	12	16
		75	12	13	14	14	14	14	19
		50	14	15	16	16	16	16	22
		25	15	17	18	18	19	19	25
		10	17	19	20	20	21	21	28
	72	90	12	12	14	14	14	14	19
		75	14	15	16	16	17	17	23
		50	16	17	19	19	20	20	26
		25	18	19	21	22	22	22	30
		10	20	21	24	24	25	25	33

*) = Prozentualer Anteil der in der nordamerikanischen Industrie beschäftigten Bevölkerung
Fettdruck = Überschreitung der Dauerleistungsgrenze

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

8.4 Verfahren nach Davis und Stubbs

Im Institute of Industrial and Environmental Health and Safety der Universität Surrey in Großbritannien wurde von Davis und Stubbs (1977 a, 1977 b, 1978) ein Verfahren entwickelt, das Grenzwerte für das Heben von Lasten in unterschiedlichen Stellungen in Abhängigkeit der Entfernung zwischen dem Kraftangriffspunkt der Last und dem Schultergelenk (Akromialpunkt), des Höhenwinkels und des Seitenwinkels vorgibt. Es werden Grenzwerte für das Ziehen, Schieben und Stoßen von Lasten mit ausgestreckten Armen angegeben. Das in einem Leitfaden (Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980) veröffentlichte Verfahren liegt als Entwurf beim Deutschen Institut für Normung seit 1984 unter DIN 33 411, Teil 2 (1984) „Körperkräfte des Menschen, Zulässige Grenzwerte von Aktionskräften der Arme“, vor.

Der Ansatz von Davis und Stubbs beruht auf der Annahme, daß der Druck im Bauchinnenraum (Intraabdominaldruck) als ein indirektes Maß der Wirbelsäulenbelastung angesehen werden kann. Die Rolle des Intraabdominaldrucks bei der Lastenhandhabung wird aber in der Literatur kontrovers diskutiert. Es wird sowohl von einer die Wirbelsäule ent-

lastenden Wirkung (Bartelink, 1957) als auch von einer belastenden Wirkung (McGill und Norman, 1987) eines erhöhten Bauchrauminnendruckes ausgegangen.

In einer Untersuchung an jungen Männern wurde der Abdominaldruck beim Handhaben unterschiedlich großer Lasten gemessen. Als Grenzwert der Last wird der Wert angesehen, der zu einem Intraabdominaldruck von mehr als 12 kPa (90 mmHg) führt. (Eine Beschreibung der Herleitung dieses Grenzwertes befindet sich in Abschnitt 7.4.)

Durch die Untersuchungen wurde der Zusammenhang zwischen dem Abdominaldruck und der Entfernung zwischen Akromialpunkt (Bezugspunkt) und Kraftangriffspunkt der Last (siehe hierzu auch Abbildung 28) sowie dem Höhenwinkel und dem Seitenwinkel für verschiedene Körperstellungen ermittelt. Hieraus wurden Kurven im Bewegungsraum der Arme hergeleitet, die bei vorgegebener Last mit einem Abdominaldruck von maximal 12,0 kPa verbunden sind (Kurven gleichen Intraabdominaldrucks). Die so ermittelten Grenzwerte unterliegen folgenden Annahmen:

- Die Tätigkeit wird in einem offenen Raum ausgeführt.
- Die Tätigkeit wird nicht häufiger als einmal pro Minute ausgeführt.

□ Bei häufigerem Ausführen der Tätigkeit als einmal pro Minute sollten die angegebenen Grenzwerte um 30 % reduziert werden.

□ Das Verfahren enthält keine Grenzwerte für Arbeiten in gebeugter Haltung.

□ Die Grenzwerte sind nur für Männer gültig.

Das Verfahren soll sowohl als Hilfsmittel bei der Planung von Arbeitsplätzen als auch zur Überprüfung der Belastungen

an vorhandenen Arbeitsplätzen einsetzbar sein. Es beinhaltet Grenzwerte für 14 verschiedene Arten des Manipulierens von Lasten, die sich in der Körperhaltung oder in der Art der Ausführung unterscheiden.

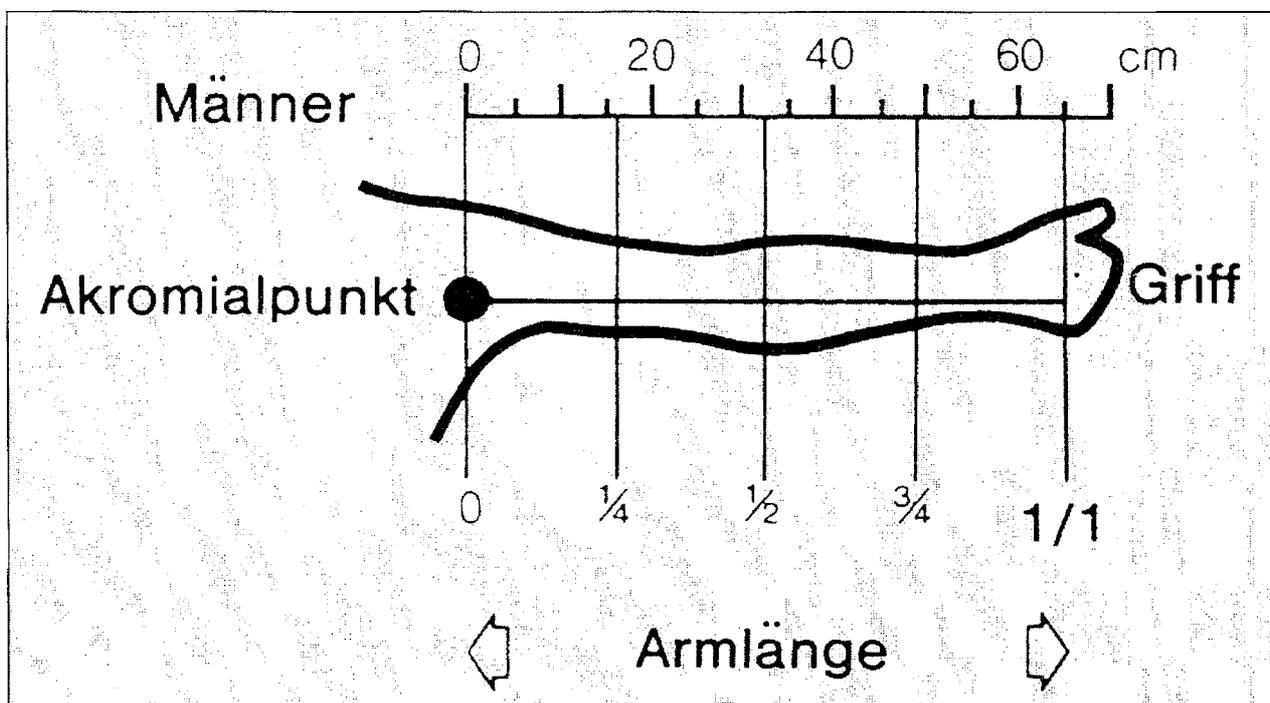
1. Einhändiges Heben im Stehen (Abbildung 29, Tabelle 31, Seite 122 f.):

Das Heben der Last in Aufwärtsrichtung erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes.

Abbildung 28:

Lage des Akromialpunktes und Darstellung der funktionellen Armlängen

(Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)



8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

2. Einhändiges Heben in der Hocke (Abbildung 29, Tabelle 31):

Das Heben der Last in Aufwärtsrichtung erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes.

3. Beidhändiges Heben im Stehen (Abbildung 30, Tabelle 32, Seite 123):

Das Heben der Last in Aufwärtsrichtung erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes. Die Lastverteilung und die Stellung der Arme sollten symmetrisch zur Sagittalebene sein.

4. Beidhändiges Heben in der Hocke (Abbildung 30, Tabelle 32):

Das Heben der Last in Aufwärtsrichtung erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes. Die Lastverteilung und die Stellung der Arme sollten symmetrisch zur Sagittalebene sein.

5. Einhändiges Heben im Sitzen (Abbildung 31, Tabelle 33, Seite 124):

Das Heben der Last in Aufwärtsrichtung erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes ohne Abstützung des Rückens.

6. Beidhändiges Heben im Sitzen (Abbildung 32, Tabelle 34, Seite 124 f.):

Das Heben der Last in Aufwärtsrichtung erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes ohne Abstützung des Rückens. Die Lastverteilung und die Stellung der Arme

sollten symmetrisch zur Sagittalebene sein.

7. Einhändiges Heben auf einem Bein kniend (Abbildung 33, Tabelle 35, Seite 125 f.):

Das Heben der Last in Aufwärtsrichtung erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes. Der Oberschenkel des nicht knienden Beins sollte sich in paralleler Haltung zur Standfläche befinden.

8. Beidhändiges Heben auf einem Bein kniend (Abbildung 34, Tabelle 36, Seite 126):

Das Heben der Last in Aufwärtsrichtung erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes. Der Oberschenkel des nicht knienden Beins sollte sich in paralleler Haltung zur Standfläche befinden. Die Lastverteilung und die Stellung der Arme sollten symmetrisch zur Sagittalebene sein.

9. Einhändiges horizontales Stoßen mit der Handfläche im Stehen (Abbildung 35, Tabelle 37, Seite 127):

Das Bewegen der Last erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes. Die Kraftausübung erfolgt ausgehend von der Handfläche in horizontaler Richtung. Die Achse Schultergelenk-Griff und die Sagittalebene bilden dabei einen rechten Winkel.

10. Einhändiges horizontales Schieben mit der Handfläche im Stehen (Abbildung 36, Tabelle 38, Seite 127 f.):

Das Bewegen der Last erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes mit horizontaler Schubrichtung.

11. Beidhändiges Schieben im Stehen (Abbildung 37, Tabelle 39, Seite 128 f.):

Das Bewegen der Last erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes und in Schrittstellung mit horizontaler Schubrichtung vom Körper weg.

12. Beidhändiges Ziehen im Stehen (Abbildung 37, Tabelle 39):

Das Bewegen der Last erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes und in Schrittstellung mit horizontaler Zugrichtung zum Körper hin.

13. Beidhändiges horizontales Schieben auf einem Bein kniend (Abbildung 38, Tabelle 40, Seite 128 f.):

Das Bewegen der Last erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes mit horizontaler Schubrichtung vom Körper weg. Der Oberschenkel des nicht knienden Beins sollte sich in paralleler Haltung zur Standfläche befinden.

14. Beidhändiges horizontales Ziehen auf einem Bein kniend (Abbildung 38, Tabelle 40):

Das Bewegen der Last erfolgt in aufrechter Haltung des Rumpfes mit horizontaler Zugrichtung zum Körper hin. Der Oberschenkel des nicht knienden Beins sollte sich in paralleler Haltung zur Standfläche befinden.

Insgesamt werden zu jeder Abbildung der verschiedenen Stellungen beim Heben von Lasten sechs Diagramme gegeben. Diese in den Abbildungen dargestellten Diagramme haben folgenden Aufbau:

□ Das jeweils erste Diagramm (Bezeichnung 1) zeigt eine Person, bei der sich der rechte Arm in der Sagittalebene befindet. Das zweite Diagramm (Bezeichnung 2) zeigt eine Person mit um 45° zur Seite abgewinkeltem Arm. Beim dritten Diagramm (Bezeichnung 3) ist der Arm um 90° zur Seite abgewinkelt (Arme und Schulter bilden eine Ebene). Die Angaben gelten für beidhändige Tätigkeiten entsprechend.

□ In drei weiteren Diagrammen wird der Winkel zur Waagerechten beschrieben. Das vierte Diagramm (Bezeichnung -) zeigt demnach einen um 45° gegenüber der Waagerechten nach unten gehaltenen Arm. Im fünften Diagramm (Bezeichnung 0) ist der Arm parallel zur Waagerechten und im sechsten Diagramm (Bezeichnung +) wird eine um 45° nach oben gerichtete Stel-

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

lung des Armes gegenüber der Waagerechten abgebildet.

□ Die Kurven sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet. Die zu diesen Buchstaben gehörenden Kräfte in Newton sind aus Tabellen zu entnehmen, die den jeweiligen Diagrammen zugeordnet sind. Diese Tabellen sind in drei Altersgruppen gegliedert. Die dem jeweiligen Kraftwert entsprechende Last in kg kann vereinfacht durch Division mit dem Wert 10 m/s^2 ermittelt werden.

Die beiden letzten Diagramme (32 und 33) zeigen die Grenzwerte beim Ziehen und beim Schieben von Lasten. Die Darstellung weicht von der vorher beschriebenen ab; es wird angenommen, daß sich die Arme bei diesen Tätigkeiten ausgestreckt in der Sagittalebene befinden. Die jeweiligen Kraftwerte sind auch für diese Fälle aus den entsprechenden Tabellen abzulesen.

Die in Abbildung 28 (siehe Seite 119) dargestellte Skala zeigt die funktionellen Armlängen in Zentimetern. Hierbei wurde eine mittlere Armlänge von 65 cm zugrunde gelegt. Bei der praktischen Überprüfung vorhandener Arbeitsplätze kann die Ermittlung der Grenzlast durch Ausmessen des Abstandes von Akromialpunkt und Auswahl der entsprechenden Kurve gleichen Intraabdominaldrucks ermittelt werden.

Abbildung 29:
Kurven beim einhändigen Heben von Lasten im Stehen oder in der Hocke (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

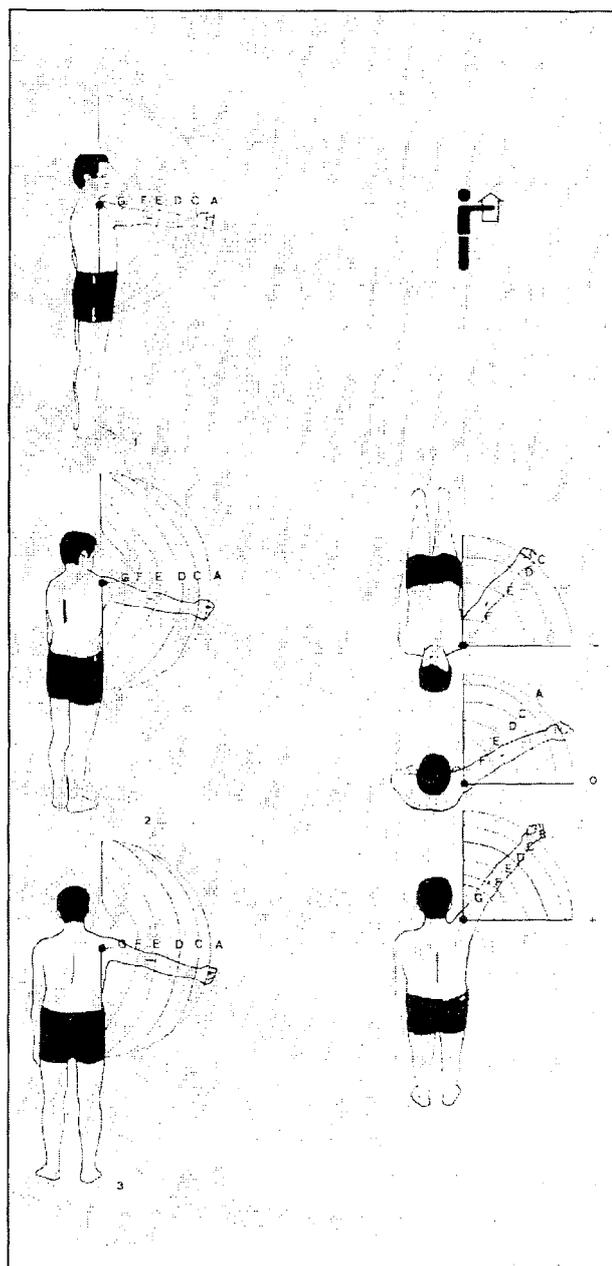


Tabelle 31:

Zulässige Kräfte in Newton beim einhändigen Heben von Lasten im Stehen oder in der Hocke (Abbildung 29) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	100	100	90
B	110	110	100
C	120	120	110
D	150	150	130
E	200	200	180
F	250	250	220
G	300	300	270

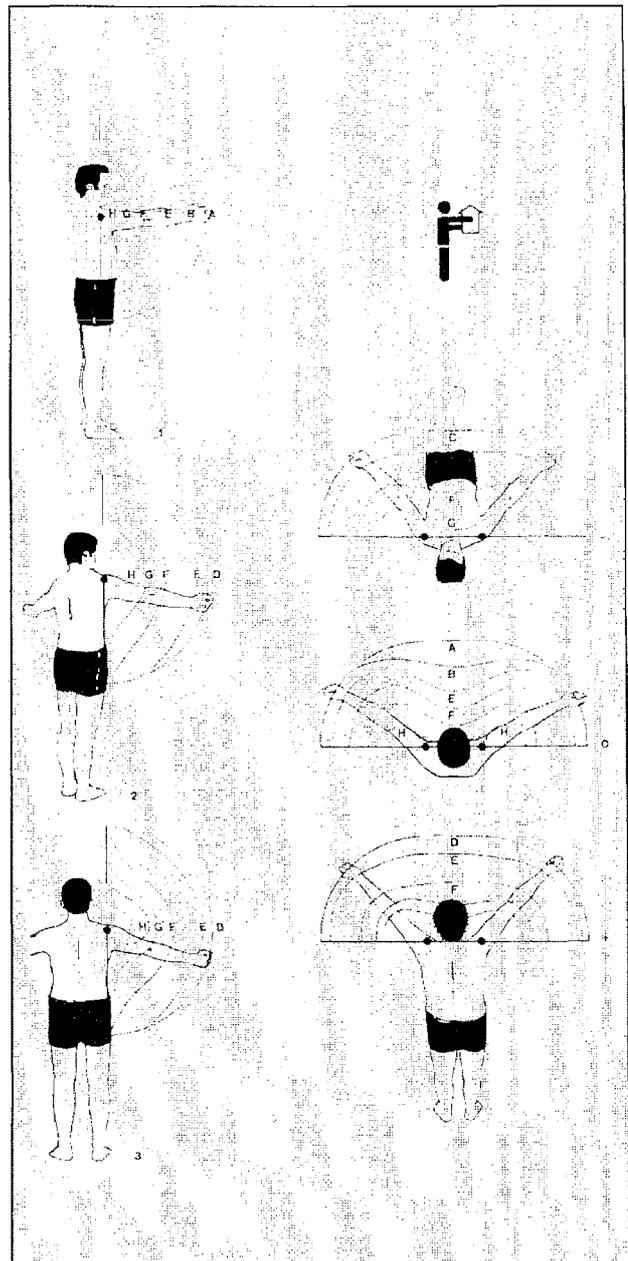
Tabelle 32:

Zulässige Kräfte in Newton beim beidhändigen Heben von Lasten im Stehen oder in der Hocke (Abbildung 30) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	100	90	80
B	150	140	120
C	160	150	120
D	180	160	140
E	200	180	160
F	300	270	230
G	400	370	310
H	500	460	390

Abbildung 30:

Kurven beim beidhändigen Heben von Lasten im Stehen oder in der Hocke (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)



8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 31:
Kurven beim einhändigen Heben von Lasten im Sitzen ohne Rückenstütze (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

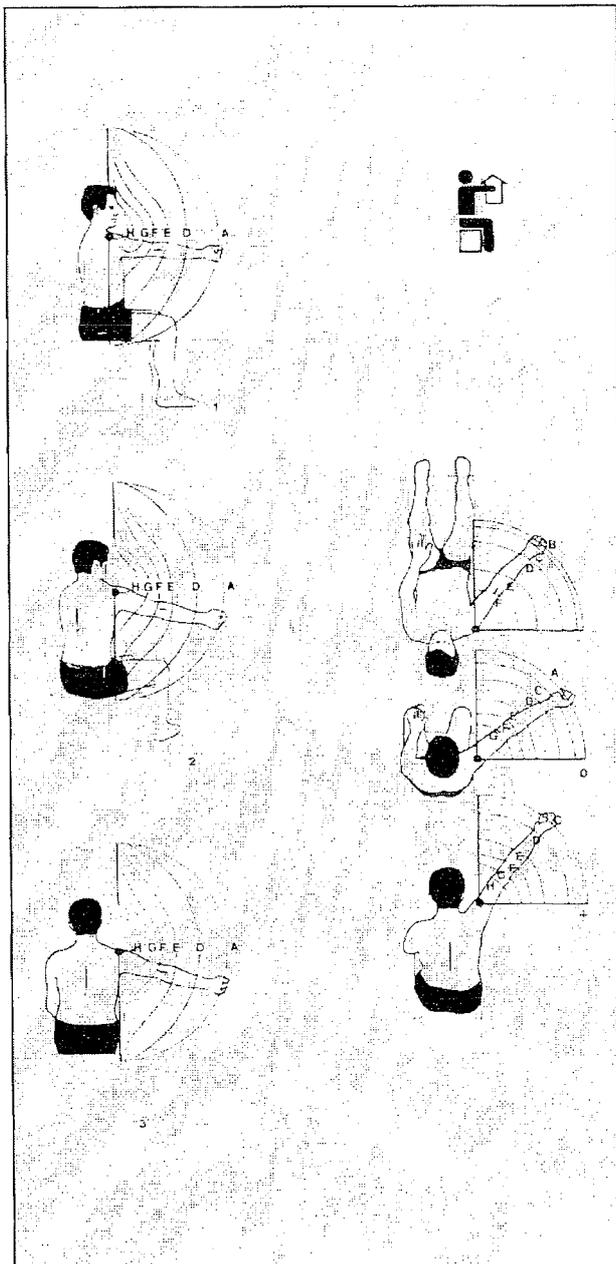


Tabelle 33:
Zulässige Kräfte in Newton beim einhändigen Heben von Lasten im Sitzen ohne Rückenstütze (Abbildung 31) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	100	90	80
B	110	100	90
C	120	110	100
D	150	140	120
E	200	180	160
F	250	230	200
G	300	270	240
H	350	320	280

Tabelle 34:
Zulässige Kräfte in Newton beim beidhändigen Heben von Lasten im Sitzen ohne Rückenstütze (Abbildung 32) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	110	110	100
B	120	120	110
C	140	140	120
D	150	150	130
E	180	180	160
F	200	200	180
G	250	250	220
H	300	300	270
K	350	350	310
L	400	400	360
M	450	450	400

Abbildung 32:
 Kurven beim beidhändigen Heben von Lasten im Sitzen ohne Rückenstütze (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

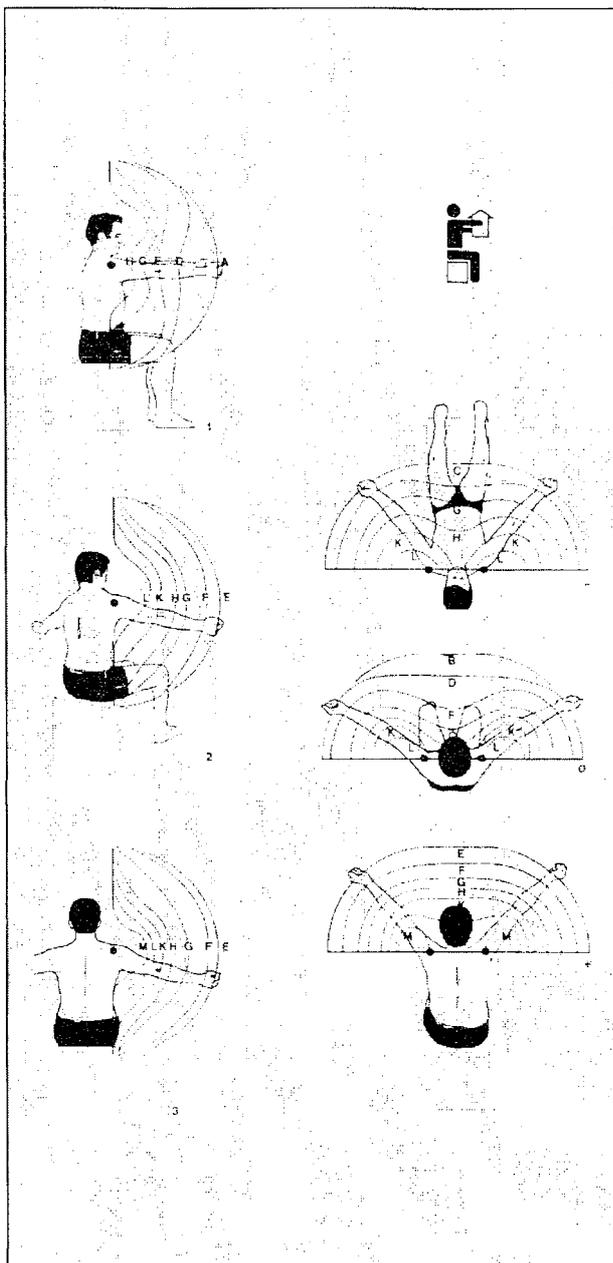
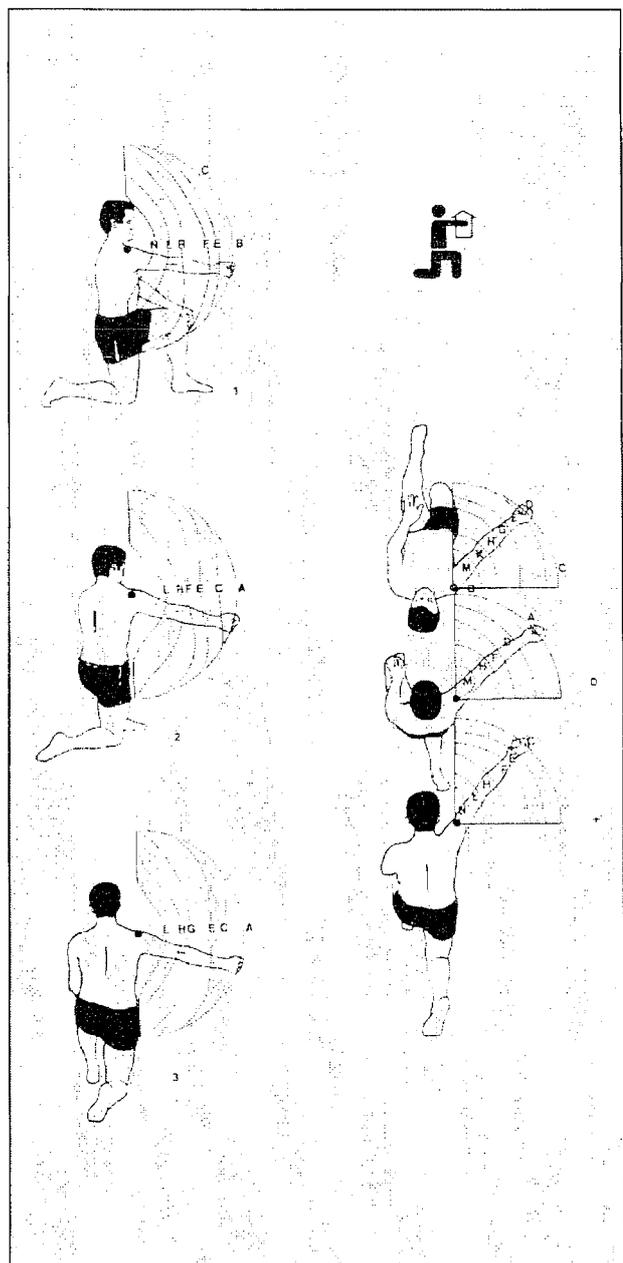


Abbildung 33:
 Kurven beim einhändigen Heben von Lasten auf einem Bein kniend (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)



8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 35:
Zulässige Kräfte in Newton beim einhändigen Heben von Lasten auf einem Bein kniend (Abbildung 33) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	100	80	70
B	110	90	80
C	130	100	90
D	140	110	100
E	150	120	110
F	170	130	120
G	180	140	130
H	200	160	150
K	220	170	160
L	250	200	180
M	270	210	200
N	300	230	220

Tabelle 36:
Zulässige Kräfte in Newton beim beidhändigen Heben von Lasten auf einem Bein kniend (Abbildung 34) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	140	140	100
B	150	150	110
C	200	200	140
D	220	220	160
E	250	250	180
F	280	280	200
G	300	300	210
H	350	350	250
K	400	400	280
L	450	450	320
M	500	500	360

Abbildung 34:
Kurven beim beidhändigen Heben auf einem Bein kniend (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

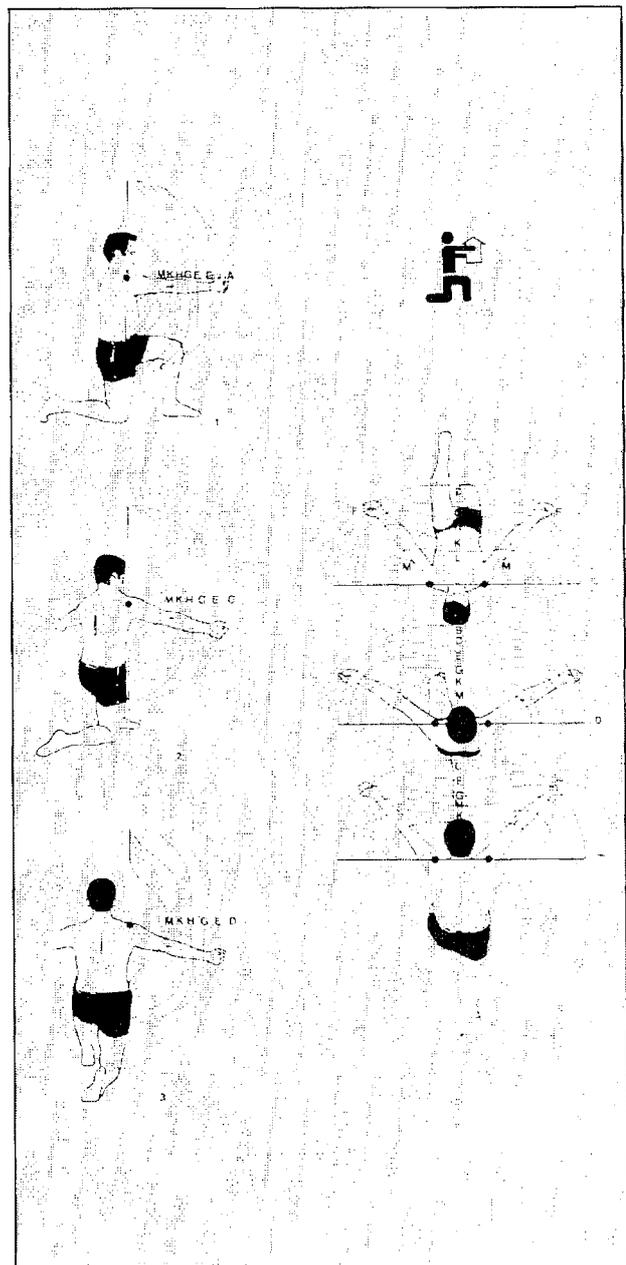


Abbildung 35:
Kurven beim einhändigen horizontalen Stoßen mit der Handfläche im Stehen (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

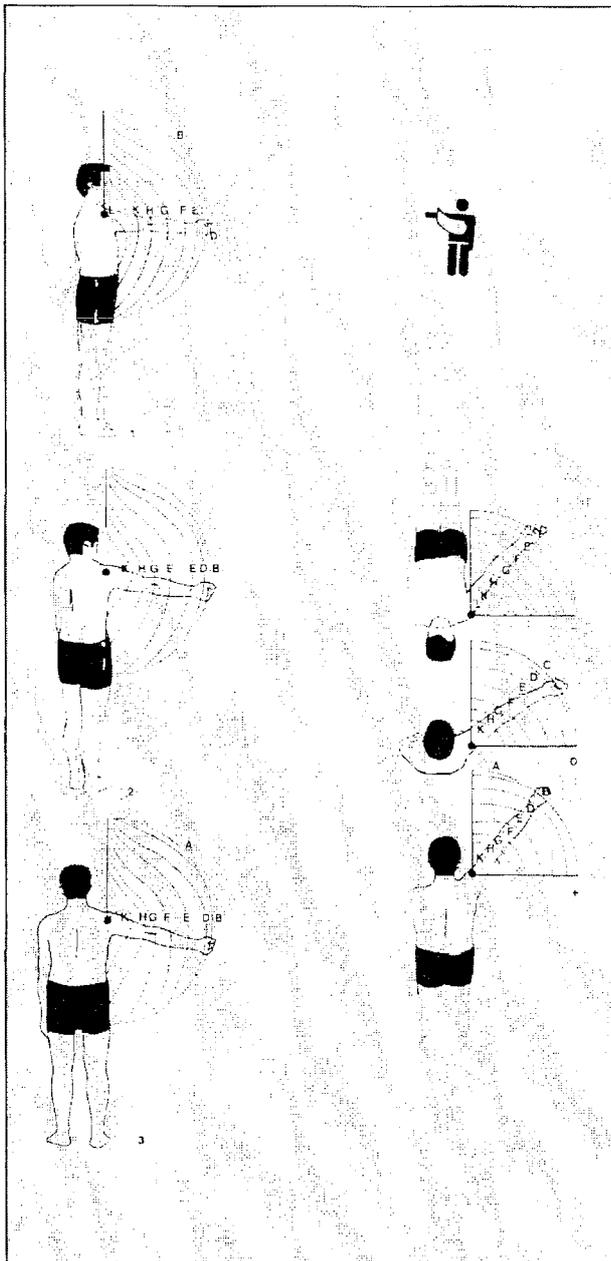


Tabelle 37:
Zulässige Kräfte in Newton beim einhändigen horizontalen Stoßen von Lasten mit der Handfläche im Stehen (Abbildung 35) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	70	70	50
B	80	70	50
C	90	80	60
D	100	90	60
E	110	100	70
F	130	120	80
G	140	130	90
H	160	150	100
K	180	160	110
L	190	180	120

Tabelle 38:
Zulässige Kräfte in Newton beim einhändigen horizontalen Schieben von Lasten im Stehen (Abbildung 36) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	90	80	60
B	100	90	70
C	120	110	90
D	140	130	100
E	150	140	110
F	160	150	110
G	180	170	130
H	200	190	140
K	220	210	160
L	240	230	170
M	250	240	180
N	260	240	190
O	280	260	200
P	300	280	220

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 36:
Kurven beim einhändigen horizontalen Schieben im Stehen (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

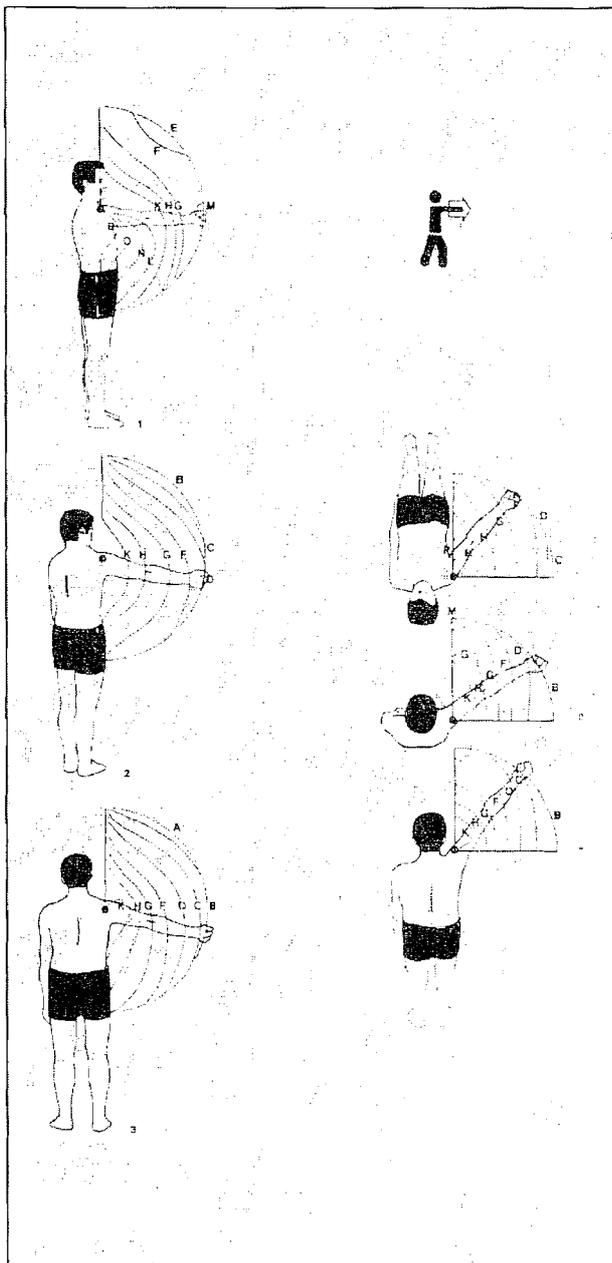


Tabelle 39:
Zulässige Kräfte in Newton beim beidhändigen horizontalen Schieben und Ziehen im Stehen (Abbildung 37) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	120	110	100
B	200	180	170
C	250	240	220
D	300	250	240
E	180	160	160
F	350	350	340
G	420	420	400
H	500	450	400

Tabelle 40:
Zulässige Kräfte in Newton beim beidhändigen horizontalen Schieben und Ziehen auf einem Bein kniend (Abbildung 38) (nach Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

Kurve	maximal zulässige Kraft in Newton Altersgruppen für Männer		
	≤ 40	41 - 50	51 - 60
A	110	110	100
B	200	200	190
C	270	250	240
D	220	160	150
E	150	120	110
F	380	270	240
G	450	330	250
H	500	420	300

Abbildung 37:
 Beidhändiges horizontales Schieben oder Ziehen
 im Stehen mit den Beinen in Schrittstellung (nach
 Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische
 Gemeinschaft für Kohle und Stahl, 1980)

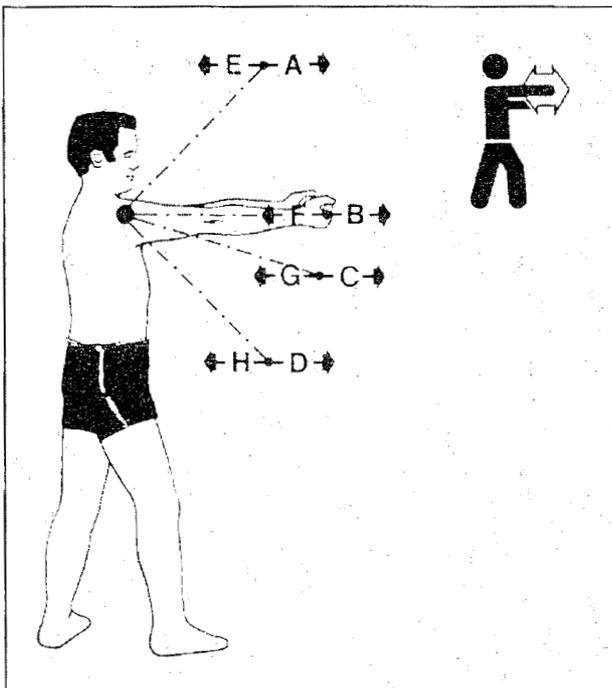
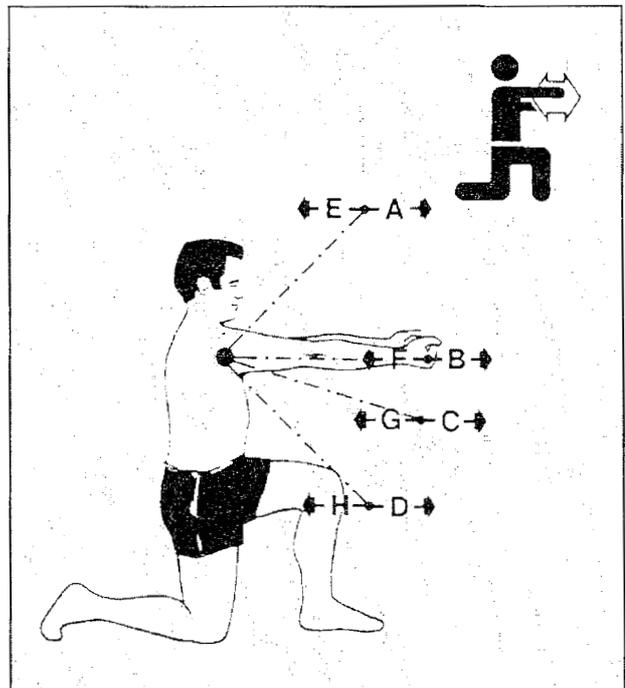


Abbildung 38:
 Beidhändiges horizontales Schieben oder Ziehen
 auf einem Bein kniend (nach Ergonomische
 Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft
 für Kohle und Stahl, 1980)



8.5 OWAS-Verfahren zur Analyse und Bewertung von Körperhaltungen

Im finnischen Stahlwerk OVAKO wurde Mitte der 70er Jahre die OWAS-Methode zur Analyse von Körperhaltungen (OVAKO Working Posture Analysing System) entwickelt. Bei der Entwicklung des Verfahrens standen folgen-

de Fragen im Vordergrund (Karhu et al., 1977):

- Wie können Arbeitshaltungen klassifiziert und analysiert werden?
- Wie können die analysierten Haltungen bezüglich ihrer Gefährdung für die Gesundheit beurteilt werden?

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Verfahren war somit nicht die Ermittlung einer Grenzlast das Ziel des Verfahrens, sondern eine Gefährdungsanalyse aufgrund von Körperhaltungen. Zu diesem Zweck wurde mit der OWAS-Methode ein Klassifizierungssystem für Körperhaltungen geschaffen, mit dem es möglich ist, die Häufigkeiten bestimmter Haltungen zu dokumentieren und davon ausgehend mit Hilfe von Zifferncodes Aussagen über eine mögliche Gesundheitsgefährdung von Haltungen zu machen (siehe unten). Es handelt sich bei diesem Verfahren nicht um ein Meßverfahren, sondern um ein sogenanntes „Papier- und Bleistift-Verfahren“, das auf Beobachtungen basiert.

8.5.1 Basis-OWAS-Methode

Die OWAS-Methode ist in zwei Verfahren untergliedert, die „Basis-OWAS-Methode“ und die „Punktuelle OWAS-Methode“ (Stoffert, 1985). Mit der Basis-OWAS-Methode können Haltungen des gesamten menschlichen Körpers analysiert und klassifiziert werden. Mit der punktuellen OWAS-Methode werden in der Regel Körperhaltungen in ortsfesten oder nahezu ortsfesten Systemen analysiert; hierzu gehören beispielsweise sitzend ausgeführte Tätigkeiten, die hauptsächlich das Hand-Arm-System betreffen. Für die Analyse von Hebe-

und Tragetätigkeiten eignet sich daher die Basis-OWAS-Methode, die im folgenden näher beschrieben wird.

Durch die Anwendung der OWAS-Methode bei der Analyse von Tätigkeiten können folgende Aufgabenstellungen unterstützt werden (Mattila et al., 1993):

- Standardisierung der ergonomischen Beurteilung haltungsbedingter Belastungen,
- Planung und Gestaltung von Arbeitsstätten, Arbeitsmethoden, Werkzeugen und Maschinen,
- Arbeitsplanung für die Eingliederung von Personen mit geminderter Leistungsfähigkeit und
- Kombination mit anderen wissenschaftlichen Methoden für Felduntersuchungen.

Zur systematischen Beschreibung der Körperhaltung werden vier Bereiche des Körpers gesondert betrachtet (Stoffert, 1985):

1. Rücken: für den Rücken werden vier verschiedene Haltungen angegeben
2. die oberen Gliedmaßen (Hände, Unterarme, Oberarme): für diesen Bereich werden drei verschiedene Haltungen angegeben

3. die unteren Gliedmaßen (Füße, Unterschenkel, Oberschenkel): die Haltung der unteren Gliedmaßen wird durch sieben Grundhaltungen und drei Zusatzhaltungen beschrieben

4. Kopf: die Haltung des Kopfes wird durch fünf unterschiedliche Stellungen beschrieben.

Zur weiteren Beschreibung der Belastung kann eine möglicherweise vorhandene äußere Last in die Bewertung eingebracht werden. Sie kann durch drei Klassen beschrieben werden.

Die Haltungen werden mit Hilfe eines vierstelligen Zifferncodes klassifiziert, wobei die erste Ziffer für die unterschiedlichen Haltungen des Rückens, die zweite Ziffer für die Haltungen der oberen Gliedmaßen (Arme), die dritte Ziffer für die Haltung der unteren Gliedmaßen (Beine) und die vierte Ziffer entweder für die Höhe der äußeren Last oder für die Haltung des Kopfes steht. In Abbildung 39 (siehe Seite 132) ist die Zuordnung der Ziffern und der Haltungen dargestellt.

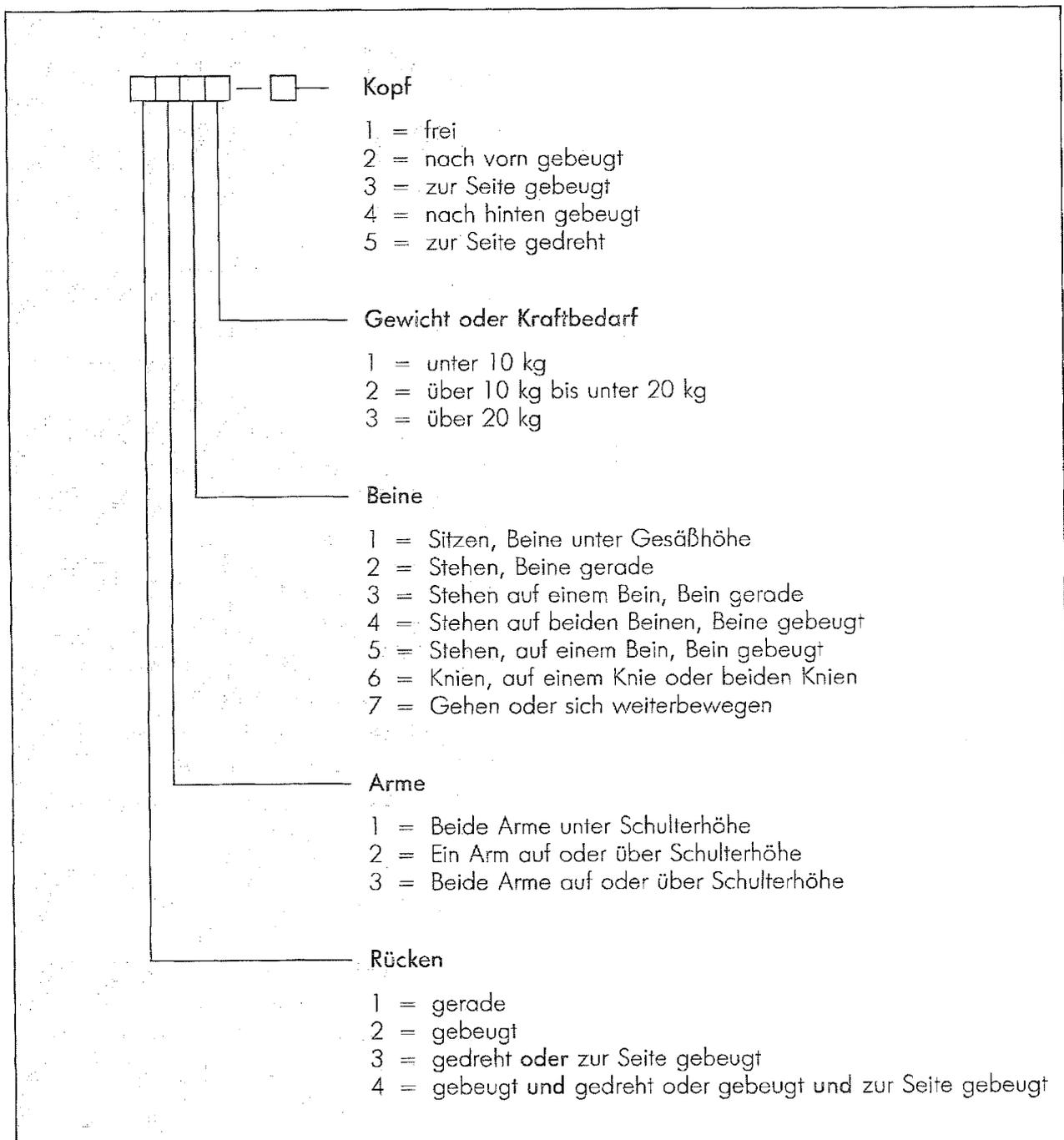
Bei den Haltungen wird zwischen Grund- und Zusatzhaltungen unterschieden. Die 84 Grundhaltungen werden durch Haltungen des Rückens, der oberen sowie der unteren Gliedmaßen gebildet ($4 \cdot 3 \cdot 7$). Die Piktogramme dieser Haltungen sind in Abbildung 40

(siehe Seite 133) dargestellt. Werden die einwirkenden äußeren Lasten mit in die Analyse der Grundarbeitshaltungen einbezogen, erhöht sich die Zahl der möglichen Kombinationen auf 252 ($3 \cdot 84$). Als Zusatzhaltungen werden weiterhin drei Beinhaltungen beschrieben. In Verbindung mit den Grundarbeitshaltungen des Rückens und der oberen Extremitäten sowie den Klassen der äußeren Lasten ergeben sich weitere 108 mögliche Zusammensetzungen, so daß mit dem OWAS-Verfahren insgesamt 360 ($252 + 108$) verschiedene Haltungen klassifiziert und analysiert werden können. Die Abbildung 41 (siehe Seite 134) zeigt die Piktogramme der möglichen Zusatzhaltungen.

Eine OWAS-Analyse wird mit Hilfe von Aufnahmebögen durchgeführt. Hierzu stehen zwei verschiedene Bogentypen zur Verfügung. Der erste Bogentyp wird zur Beschreibung der zu analysierenden Tätigkeit verwendet; hierbei ist es sinnvoll, die Tätigkeit in Ablaufabschnitte zu unterteilen. Der zweite Aufnahmebogen wird zur Aufzeichnung der Häufigkeit bestimmter Haltungen in Form von Strichlisten (Vorkommnisstriche) verwendet. Die Beobachtung der Tätigkeit wird anhand eines der Multimomentaufnahme ähnlichen Verfahrens durchgeführt. Dabei werden zu vorher fest vorgegebenen Untersuchungszeitpunkten Augenblickszustände festgehalten.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 39:
Zifferncode für OWAS-Arbeitshaltungstypen (nach Stoffert, 1985)



MATRIX DER 84 OWAS-GRUND-ARBEITSHALTUNGEN

		BEINE 1	BEINE 2	BEINE 3	BEINE 4	BEINE 5	BEINE 6	BEINE 7
	ARME 1							
RÜCKEN 1	ARME 2							
	ARME 3							
	ARME 1							
RÜCKEN 2	ARME 2							
	ARME 3							
	ARME 1							
RÜCKEN 3	ARME 2							
	ARME 3							
	ARME 1							
RÜCKEN 4	ARME 2							
	ARME 3							
	ARME 1							



Abbildung 40:
Matrix der 84 OWAS-Grund-
Arbeitshaltungen sowie
Darstellung der Kopfhaltungen
(Stoffert, 1985)

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 41:
Piktogramme für OWAS-Zusatzhaltungen
(Stoffert, 1985)

RÜCKEN	ARME	BEINE - 8	BEINE - 9	BEINE - 0
		SITZEN (BEINE UND GESASS AUF GLEICHER HÖHE)	ARBEITSHALTUNG OHNE BEIN- UNTERSTÜTZUNG (AUCH BAUCH- UND SEITENLAGE)	KRIECHEN ODER KLETTERN
		118	119	110
		128	129	120
		138	139	130
		218	219	210
		228	229	220
		238	239	230
		318	319	310
		328	329	320
		338	339	330
		418	419	410
		428	429	420
		438	439	430

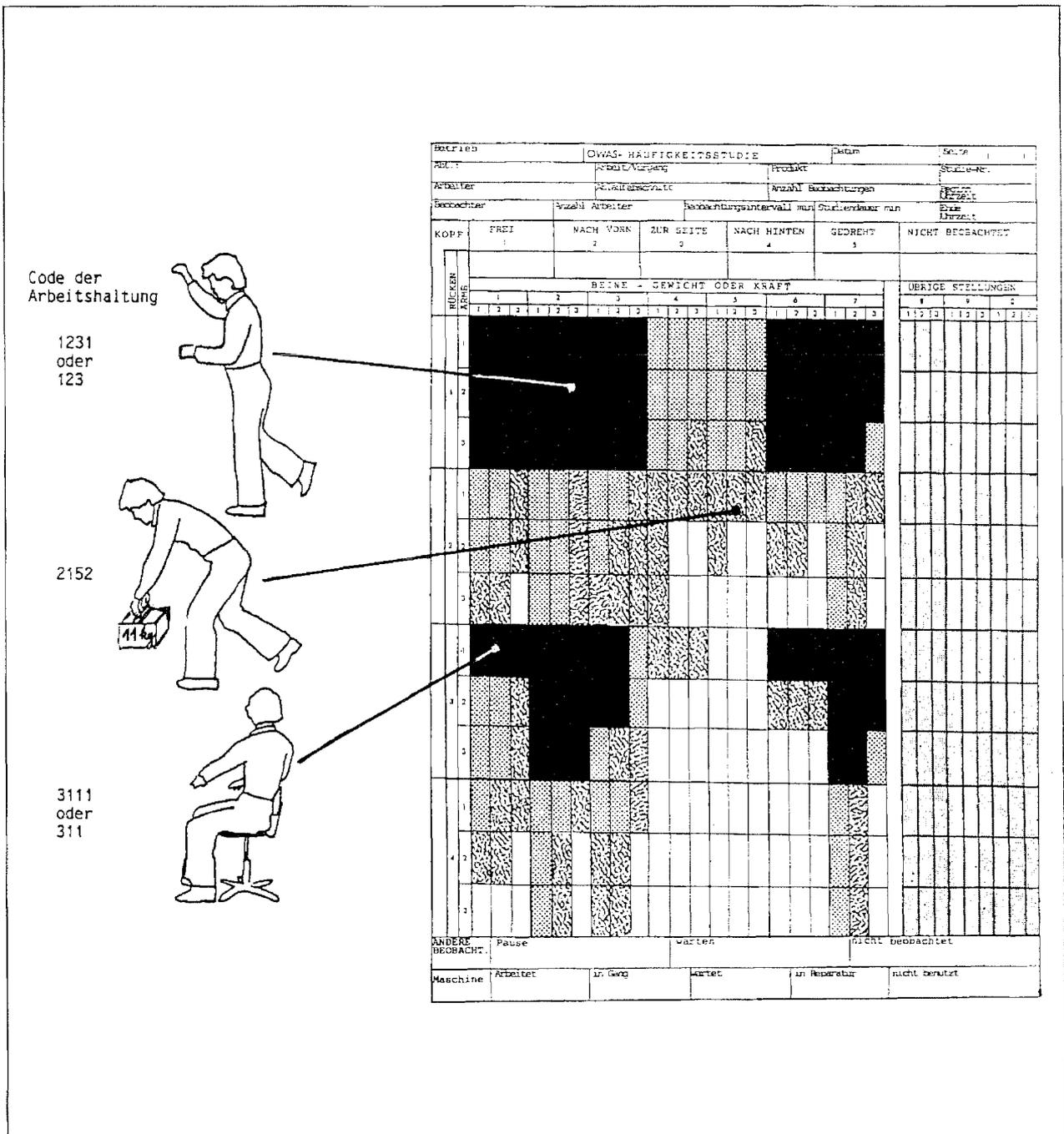
Zur Auswertung der OWAS-Analyse erfolgt im ersten Schritt eine Ermittlung der Häufigkeit der einzelnen Arbeitshaltungen. Die ermittelten Haltungen werden dann im zweiten Schritt in einen Vordruck übertragen, auf dem durch Farb- kennzeichnungen Maßnahmenklassen zur Beurteilung und Dringlichkeitsanweisungen zur Umgestaltung der Tätigkeit angegeben sind. Die Felder für die verschiedenen Maßnahmenklassen sind auf den Original-OWAS-Aufnahmebögen farbig dargestellt (blau, grün, violett und weiß). In der Abbildung 42 sind die Farben durch eine für Schwarz-Weiß-Druck geeignete Musterung ersetzt. Die Maßnahmenklassen gliedern sich wie folgt (Stoffert, 1985):

Maßnahmenklasse 1 (schwarze Felder):
„Die Körperhaltung ist normal. Maßnahmen zur Arbeitsgestaltung sind nicht notwendig.“

Maßnahmenklasse 2 (marmorierte Felder):
„Die Körperhaltung ist belastend. Maßnahmen, die zu einer besseren Arbeitshaltung führen, sind in der nächsten Zeit durchzuführen.“

Maßnahmenklasse 3 (gepunktete Felder):
„Die Körperhaltung ist deutlich belastend. Maßnahmen, die zu einer besse-

Abbildung 42:
 Maßnahmenklassen auf OWAS-Aufnahmebogen für Vorkommisstriche (Stoffert, 1985)



8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

ren Arbeitshaltung führen, müssen so schnell wie möglich vorgenommen werden.“

Maßnahmenklasse 4 (weiße Felder):

„Die Körperhaltung ist deutlich schwer belastend. Maßnahmen, die zu einer besseren Arbeitshaltung führen, müssen unmittelbar getroffen werden.“

Die Zusatzhaltungen sind im Aufnahmebogen orange gekennzeichnet, sie gehen nicht in die Bewertung durch Maßnahmenklassen ein, sondern haben lediglich dokumentierenden Charakter. Die Zuordnung der einzelnen Haltungen zu den jeweiligen Maßnahmenklassen basiert auf Einschätzungen von Experten (Mattila et al., 1993).

Des Weiteren erlaubt die Auswertung der Beobachtungen eine Analyse von einzelnen Körperteilen (beispielsweise für den Rücken). Hierzu kann mit Hilfe eines Änderungsempfehlungsvordrucks die Gesamtverteilung der einzelnen zu analysierenden Körperteile ermittelt und nach dem gleichen oben beschriebenen Farbschema beurteilt werden (Abbildung 43).

In der Literatur ist die Anwendung der OWAS-Methode an einigen Beispielen beschrieben. Analysiert wurden beispielsweise Gartenbautätigkeiten (Stoffert und Timme, 1989), Tätigkeiten im

Baugewerbe (Karhu et al., 1981; Kivi und Mattila, 1991; Mattila et al., 1993), Tätigkeiten im Gesundheitsdienst (Engels et al., 1994) oder Tätigkeiten in Autowerkstätten (Kant et al., 1990).

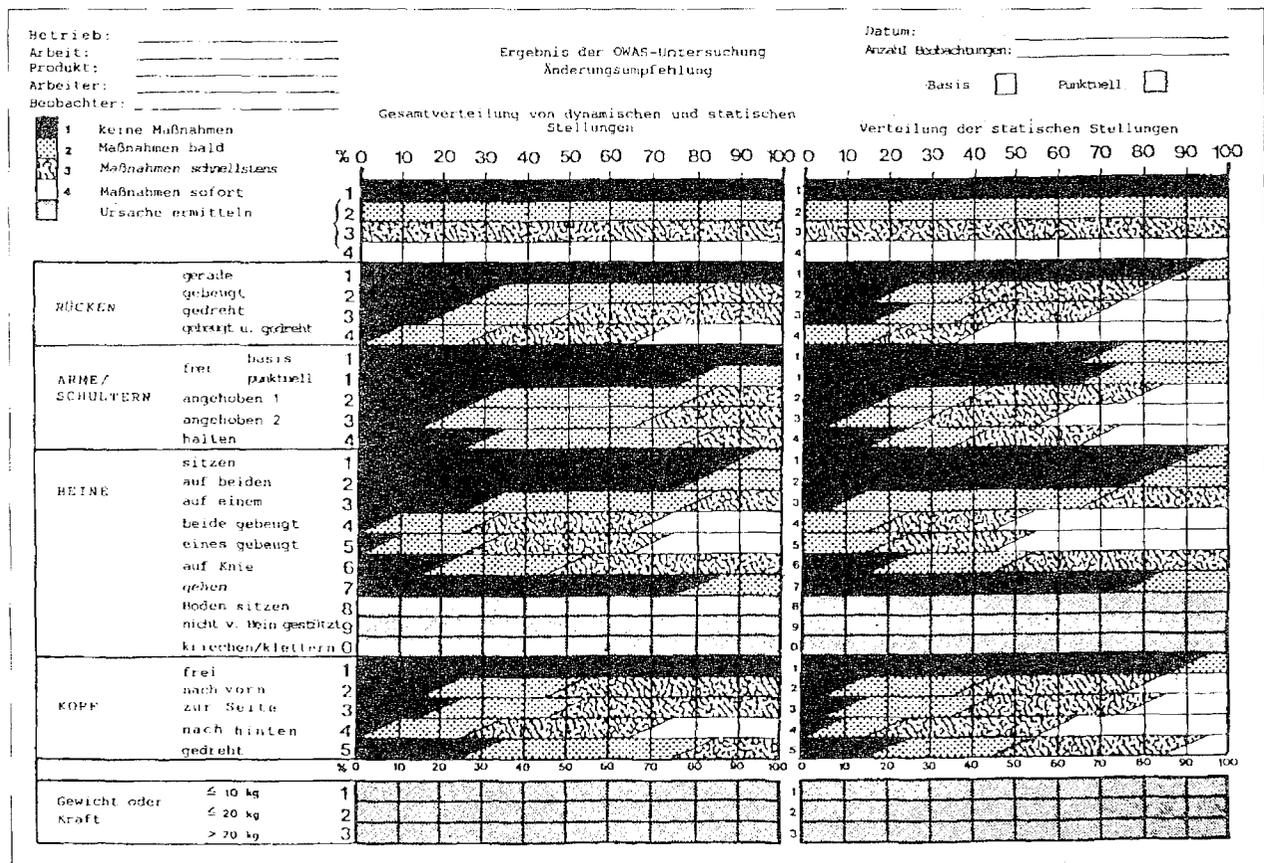
8.5.2 Computerunterstützte OWAS-Methode — COWAS

Das im vorangegangenen Abschnitt beschriebene OWAS-Verfahren wurde von Kivi und Mattila (1991) weiterentwickelt, so daß das Verfahren auch rechnergestützt eingesetzt werden kann. Mit diesem sogenannten COWAS-Verfahren (Computerized OWAS) ist eine schnelle Aufnahme und Auswertung von Haltungsdaten möglich.

Die Haltungsanalyse mit dem COWAS-System erfolgt in drei Stufen:

- In der ersten Stufe werden die Tätigkeiten nach der Methode der Multi-momentaufnahme beobachtet und die Zifferncodes für die unterschiedlichen beobachteten Haltungen in einen tragbaren PC eingegeben.
- In der zweiten Stufe werden die ermittelten Daten vom tragbaren PC über eine spezielle Schnittstelle (Interface) auf einen stationären Rechner übertragen.
- In der dritten Stufe werden die übertragenen Daten vom stationären PC

Abbildung 43:
 Änderungsempfehlungsvordruck mit OWAS-Maßnahmenklassen (Stoffert, 1985)



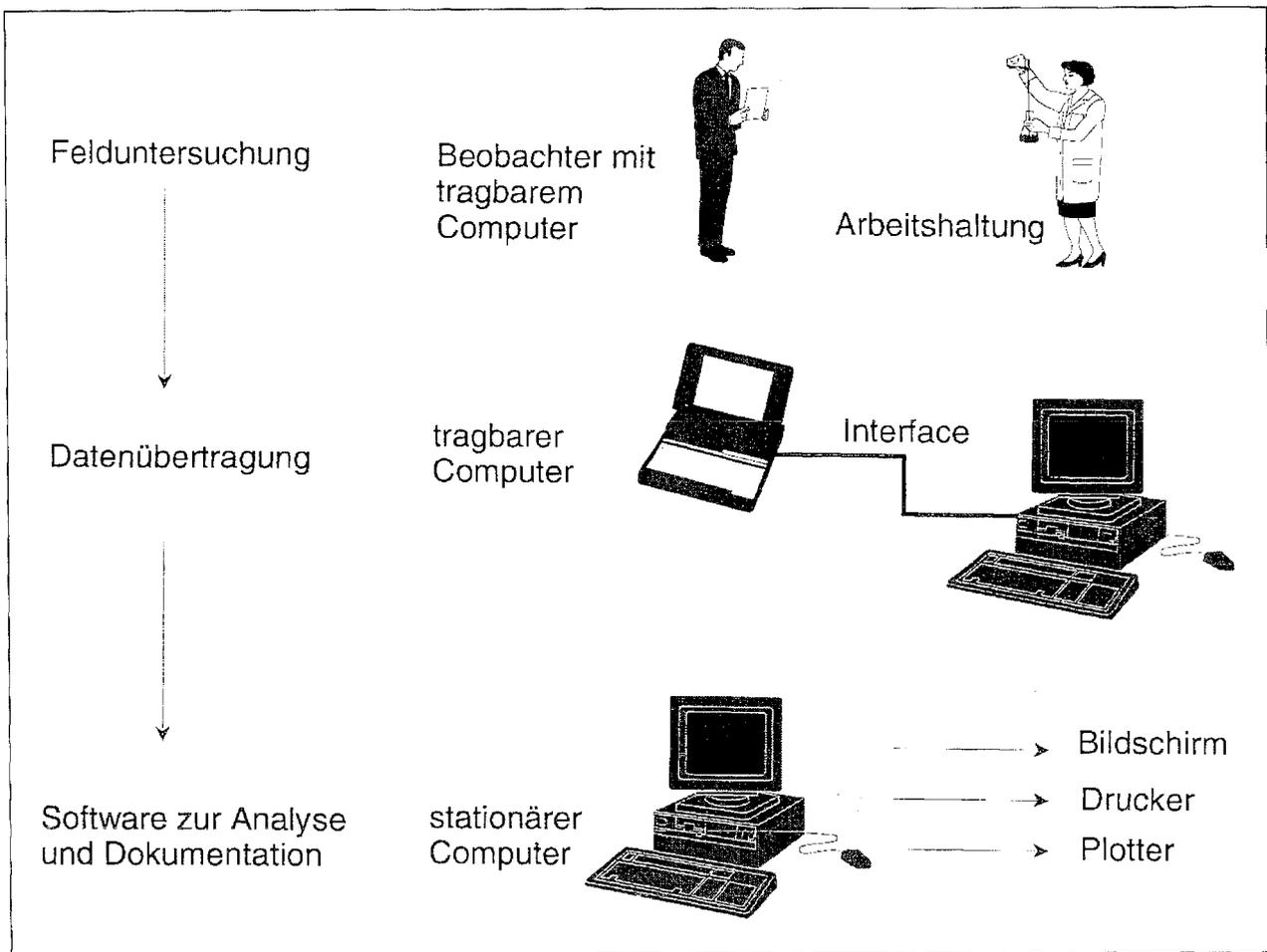
ausgewertet und für eine Präsentation bereitgestellt.

Diese Präsentation kann auf dem Bildschirm, einem Drucker oder einem Plotter erfolgen. Die Stufen der COWAS-Analyse sind in Abbildung 44 (siehe Seite 138) graphisch dargestellt.

Des Weiteren bietet das Programm die Möglichkeit, eine Liste für besonders gefährdende Tätigkeiten und Teiltätigkeiten aufzustellen und diese in einer Rangreihe, die nach prozentualen Häufigkeiten ihres Vorkommens erstellt wird, auszugeben (Mattila et al., 1993).

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 44:
Datenaufnahme und -auswertung mit dem COWAS-System (nach Kivi und Mattila, 1991)



8.6 Verfahren zur Ermittlung einer kumulierten Wirbelsäulenbelastung

Verfahren zur Beurteilung des Gesundheitsrisikos bei der Manipulation von Lasten auf der Basis einer kumulierten

Wirbelsäulenbelastung gehen von der Annahme aus, daß sich die schädigenden Wirkungen aller mechanischen Belastungen im Laufe des Lebens aufsummieren und daß somit die Gefahr einer Wirbelsäulenschädigung von der Höhe der kumulierten Belastung abhängt.

8.6.1 „Dosisansatz“ nach Pangert und Hartmann

Der sogenannte „Dosisansatz“ basiert auf der Annahme, daß „Gesundheitsschäden früher und/oder häufiger auftreten, wenn entweder die einzelnen Belastungen größer werden oder wenn sie häufiger auftreten bzw. länger dauern“ (Pangert und Hartmann, 1991). Der einfachste mathematische Zusammenhang zur Verknüpfung von Belastungs- und Zeitkomponenten ist das Produkt aus Kraft und Expositionszeit, wobei sich die Expositionszeit aus der Häufigkeit der Expositionen und ihrer jeweiligen Dauer errechnet. Die so ermittelte kumulierte Belastung wird von Pangert und Hartmann (1991, 1994) als „Dosis“ bezeichnet.

$$D = F \cdot t$$

D = „Dosis“ für die Belastung der Wirbelsäule in Ns

F = Kraft auf ein Bewegungssegment der Wirbelsäule in N

t = Expositionszeit in s

Der Ermittlung einer „kritischen Dosis“ für die Belastung der Wirbelsäule, „oberhalb derer die LWS-Beschwerden sprunghaft ansteigen“ (Pangert und Hartmann, 1991), lag eine epidemiologische Untersuchung an 49 männlichen Mitarbeitern eines Preßwerks zugrunde.

Zusätzlich wurde ein Kollektiv von 50 Elektrikern des gleichen Unternehmens als Kontrollgruppe herangezogen. Durch die Verwendung eines statischen biomechanischen Modells zur Bestimmung der Druckkraft auf die Bandscheibe L4-L5, einer sogenannten „Optimierungsrechnung“, in der das Auftreten von Rückenschmerzen mit der vorhergegangenen kumulierten Belastung verglichen wird, und der Anwendung der oben genannten Gleichung haben eine „kritische Dosis“ für die Belastung der Wirbelsäule für ein gesamtes Arbeitsleben ermittelt.

$$D_{\text{kritisch}}^{\text{Leben}} = 12 \cdot 10^{10} \text{ Ns}$$

Durch die Umstellung der oben genannten Formel wird die kritische Expositionszeit für ein Arbeitsleben bestimmt:

$$t_{\text{kritisch}}^{\text{Leben}} = \frac{D_{\text{kritisch}}^{\text{Leben}}}{F}$$

Um die Formel für den praktischen Gebrauch einfacher handhabbar zu machen, wird eine kritische Expositions-dauer für einen Arbeitstag bestimmt. Die Rechenvorschrift für eine kritische Expositions-dauer pro Schicht lautet somit:

$$t_{\text{kritisch}}^{\text{Schicht}} = \frac{D_{\text{kritisch}}^{\text{Leben}}}{F} \cdot \frac{1}{a \cdot n}$$

a = Anzahl der Arbeitsjahre

n = Anzahl der Schichten pro Jahr

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Die Autoren kommen zu folgenden Schlußfolgerungen:

- Eine beruflich bedingte Schädigung der Wirbelsäule sei erst ab Druckkräften zu erwarten, die über 4000 N liegen,
- eine beruflich bedingte Schädigung der Wirbelsäule erfordere eine Expositionszeit von mindestens 20 Berufsjahren und
- eine beruflich bedingte Schädigung der Wirbelsäule sei erst ab einer Anzahl von mindestens 250 Hebevorgängen pro Schicht zu erwarten.

Zu dem von Pangert und Hartmann angegebenen Zahlenwert der „kritischen Lebensdosis“ ist anzumerken, daß sich aus einem anderen Verfahren (NIOSH, 1981; Waters et al., 1993) Werte für eine biomechanisch relevante kumulierte Belastung ergeben, die um zwei bis drei Zehnerpotenzen niedriger liegen. Für die oben angegebenen Mindestwerte der Wirbelsäulenbelastung und der Expositionszeit und -häufigkeit ergeben sich dann entsprechend niedrigere Werte. Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn das Verfahren, wie von Pangert und Hartmann (1994) vorgeschlagen, als gutachtliche Entscheidungshilfe bei der Beurteilung der arbeitstechnischen Voraussetzungen zur Anerkennung einer Berufskrankheit nach BK 2108 herangezogen werden soll.

8.6.2 Feststellungsverfahren nach Hartung und Dupuis

Von der Süddeutschen Metall-Berufsgenossenschaft wurde ein Verfahren zur Beurteilung der beruflichen Belastung durch Heben oder Tragen von Lasten oder durch extreme Rumpfbeugehaltung im Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren entwickelt (Hartung und Dupuis, 1994; Hartung, 1994). Das Verfahren ist zweistufig aufgebaut. In der ersten Stufe wird anhand eines Kurz-Ermittlungsverfahrens geprüft, ob die grundsätzlichen Voraussetzungen für eine Anerkennung einer Berufskrankheit nach BK 2108 gegeben sind. (Der in Abbildung 45 abgebildete Kurz-Ermittlungsbogen kann darüber hinaus auch zur Ermittlung der Belastung zur BK 2109 genutzt werden.) Die im Kurz-Ermittlungsverfahren erhobenen Belastungsdaten werden auf die Erfüllung der folgenden fünf Beurteilungskriterien überprüft (Hartung und Dupuis, 1994):

- keine Tätigkeiten in sitzender Körperhaltung,
- keine wesentliche Unterschreitung der im Merkblatt zur BK 2108 angegebenen Lastgewichte (siehe Abschnitt 5.7, Tabelle 5),
- regelmäßige und häufige tägliche Belastung durch Heben und Tragen

Abbildung 45:
 Kurz-Erhebungsbogen der Süddeutschen Metallberufsgenossenschaft zur BK 2108 und 2109

Aktenzeichen: Hinweise zum Ausfüllen siehe Rückseite

Erhebungsbogen zur Ermittlung der Belastung der Wirbelsäule

Name: Vorname: Geb. Dat.:

Tätigkeitszeitraum: vom 19..... bis 19.....

Firma: Mitglieds-Betr. Nr.:
(kennet bekannt)

1. Beschreibung der Tätigkeit:

2. Welche Körperhaltung lag bei der Tätigkeit vor? sitzen knien hocken stehen

3a. Würden dabei von Hand Gegenstände gehoben oder getragen? ja nein

bis 10 kg	10-15 kg	15-20 kg	20-25 kg	mehr als 25 kg

3b. Wenn ja: Wie schwer waren die Gegenstände? kg

Wie häufig wurden diese pro Arbeitstag gehoben oder getragen?
(Schätzung mit Zahlenwerten erforderlich)

3c. Um welche Gegenstände handelte es sich?

4. Müßten die Gegenstände über größere Entfernungen getragen oder längere Zeit gehalten werden? ja nein

Wenn ja: Wie weit war die durchschnittliche Trageentfernung Meter? oder Wie lange dauerte der einzelne Halte- oder Tragevorgang Sekunden?

5. Wurden technische Hilfsmittel verwendet? (z.B. Tragegurt, Schmiedezeuge usw.) ja nein

Wenn ja: Welche?

6. Wie wurden die Gegenstände getragen oder gehalten? Zutreffendes ankreuzen

					
Vor dem Körper	Vor dem Körper mit gestreckten Armen	An der Seite	Seitwärts mit verdrehtem Oberkörper	Auf der Schulter	Auf dem Rücken

7. Wie stark mußte beim Heben oder Tragen/Halten der Lasten der Oberkörper nach vorn gebeugt werden? Zutreffendes ankreuzen.

			
(0° - 15°)	(15° - 30°)	(30° - 60°)	(mehr als 60°)

8. An wieviel Arbeitstagen pro Jahr lag diese Belastung vor? An Arbeitstagen pro Jahr

9. Wurde unabhängig von Frage 3 - 7 in **EXTREMER RUMPFBEUGUNG** (Neigung des Oberkörpers um mehr als 90° aus der aufrechten, stehenden Haltung nach vorn) oder in Räumen mit einer Höhe kleiner 100 cm gearbeitet (Pro Arbeitsvorgang mind. 3 Min.)? ja nein

Wenn ja: Wie lange pro Arbeitstag Min.?
 An Arbeitstagen pro Jahr.

10. Haben im Sitzen über längere Zeit **VIBRATIONEN** eingewirkt (z.B. als Staplerfahrer auf unebenem Gelände)? ja nein

Wenn ja: Genaue Arbeitstätigkeit angeben
 Wie lange pro Arbeitstag Min.?
 An Arbeitstagen pro Jahr.

Datum: Tel. für Rückfragen: Unterschrift und ggf. Stempel

Belastungserhebungsbogen zu V 6125/U 6123 SM BG Mainz, 4. 1995

Zurücksenden an: Süddeutsche Metall BG z Hd

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

(mehr als 40 Hebevorgänge pro Arbeitsschicht bzw. eine Belastungsdauer von mindestens einer halben Stunde pro Arbeitsschicht) und/oder eine regelmäßige und häufige Belastung durch extreme Rumpfbeugehaltung (mindestens eine Stunde pro Arbeitsschicht),

mindestens 110 Arbeitsschichten pro Jahr mit entsprechender Belastung und

keine wesentliche Unterschreitung von zehn Expositionsjahren.

Werden alle fünf Beurteilungskriterien erfüllt, wird im zweiten Teil des Verfahrens eine genauere Belastungsermittlung, eine Abschätzung der Druckkraft auf die Bandscheibe L5-S1 und eine Berechnung einer „Gesamt-Belastungsdosis“ vorgenommen. Durch diese Belastungsermittlung werden unter anderem Einflußgrößen wie Rumpfbeugewinkel, Seitneigung, Ausführungsgeschwindigkeit, Personendaten (Größe, Gewicht etc.) oder Häufigkeiten erfaßt.

Zur Schätzung der Druckkraft auf die Bandscheibe L5-S1 werden Diagramme von Jäger et al. (1989), die mit Hilfe biomechanischer Modellrechnungen ermittelt wurden, herangezogen. Aus diesen Diagrammen kann die Druckkraft auf die Bandscheibe L5-S1 beim Halten von Lasten in Abhängigkeit des Rumpfbeugungswinkels, der Armhaltung und

des Lastgewichtes abgelesen werden (Abbildung 46). Zusätzlich auftretende Belastungen durch Verdrehung des Körpers, durch Seitneigung und durch ruckartige Bewegungen werden durch den im folgenden genannten Korrekturfaktor f_K berücksichtigt:

$f_K = 1,10$ bei Seitneigung oder Verdrehung des Rumpfes $> 15^\circ$

$f_K = 1,25$ bei gleichzeitiger Seitneigung und Verdrehung des Rumpfes $> 15^\circ$

$f_K = 1,25$ bei ruckartigen Bewegungsabläufen

$f_K = 1,50$ bei gleichzeitiger Seitneigung und Verdrehung sowie ruckartigen Bewegungsabläufen

Nach der Bestimmung der Druckkraft wird die „Belastungsdosis“ D_H pro Arbeitsschicht ermittelt:

$$D_H = F_{L5-S1} \cdot f_K \cdot T_H \text{ [Nh]}$$

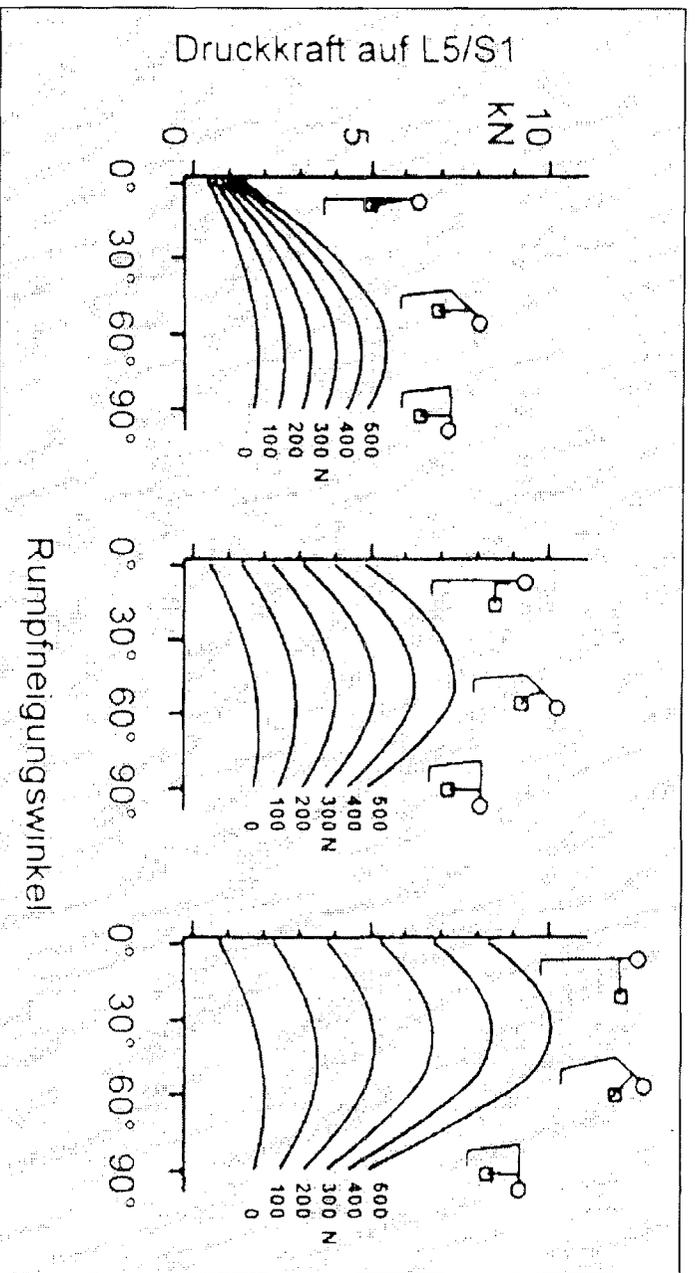
F_{L5-S1} = Druckkraft auf die Bandscheibe L5-S1 in Newton

f_K = Korrekturfaktor

T_H = Expositionsdauer pro Arbeitsschicht in Stunden

Die sich daraus ergebende „Belastungsdosis“ für Hebe- und Tragetätigkeiten D_H wird mit einer von den Autoren definierten „Mindestbelastungsdosis“ pro Arbeitsschicht für Hebe- und Tragetätigkeiten $D_{H,A}$ verglichen, die sich aus der

Abbildung 46:
 Druckkraft am Lenden-Kreuzbein-Übergang als Kenngröße der mechanischen Belastung der Wirbelsäule beim Halten von Lasten mit vorgelegtem Oberkörper für verschiedene Lastmassen und unterschiedliche, durch die Armhaltung bedingte Lastabstände vom Rumpf
 (aus Hartung und Dupuis, 1994; nach Jäger et al., 1989)



Multiplikation von Grenzwerten für die Druckkraft (3400 N für Männer in Anlehnung an NIOSH und 2600 N für Frauen) und der Mindestexpositionsdauer von einer halben Stunde pro Schicht (siehe oben) ergibt.

„Mindestbelastungsdosis“ $D_{H,A,M}$ (Heben und Tragen) für Männer = 1700 N/h

„Mindestbelastungsdosis“ $D_{H,A,F}$ (Heben und Tragen) für Frauen = 1300 N/h

In gleicher Weise kann eine „Belastungsdosis“ für extreme Rumpfbeugehaltung D_E abgeleitet werden. Die „Mindestbelastungsdosis“ pro Arbeitsschicht $D_{R,A}$ für Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung ergibt sich aus der Druckkraft bei etwa 90° gebeugtem Oberkörper von 1700 N (Abbildung 46) und einer Mindestexpositionsdauer von einer Stunde. Bei Frauen wird aufgrund des kleineren Wirbelkörperquerschnitts ein geringerer Richtwert für

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

die „Mindestbelastungsdosis“ gesetzt.

$$D_E = F_{L5-S1} \cdot f_K \cdot T_E \text{ [Nh]}$$

„Mindestbelastungsdosis“ $D_{R,A,M}$ (extreme Rumpfbeugehaltung) für Männer = 1700 Nh

„Mindestbelastungsdosis“ $D_{R,A,F}$ (extreme Rumpfbeugehaltung) für Frauen = 1300 Nh

Die berufliche „Gesamt-Belastungsdosis“ D_{LWS} kann sich aus unterschiedlichen Belastungshöhen und Expositionsdauern ergeben. Dabei ist darauf zu achten, daß nur Belastungsabschnitte in die Berechnung miteinbezogen werden, die die „tägliche Mindestbelastungsdosis“ und die Anzahl der jährlichen Mindestarbeitsschichten von 110 nicht unterschreiten. Die Ermittlung der „Gesamt-Belastungsdosis“ D_{LWS} erfolgt nach folgender Gleichung:

$$D_{LWS} = \sum (D_{A,i} \cdot d_i \cdot a_i) \text{ [Nh]}$$

$D_{A,i}$ = Tagesdosiswerte

d_i = Arbeitsschichten pro Jahr

a_i = Expositionsjahre

Als Richtwert für eine „Gesamt-Belastungsdosis“, die für die Anerkennung einer Berufskrankheit mindestens vorliegen muß, schlagen die Autoren einen Wert von $D_{R,LWS,M} = 12,5 \cdot 10^6$ Nh für Männer und $D_{R,LWS,F} = 9,5 \cdot 10^6$ Nh für Frauen vor. Diesen Werten liegen folgende Annahmen zugrunde:

Die Druckkraft auf die Bandscheibe L5-S1 beträgt 3400 N bei Männern und 2600 N bei Frauen.

Die tägliche Expositionsdauer beträgt 100 Minuten.

Es werden 220 Arbeitsschichten pro Jahr ausgeführt.

Die Gesamtbelastungsdauer beträgt zehn Jahre.

Die Autoren merken an, daß die vorgeschlagenen Dosisrichtwerte nicht als „scharfe Grenzwerte (Risikogrenze)“, sondern als Orientierungswerte anzusehen sind, oberhalb derer mit einem Risiko einer gesundheitlichen Gefährdung im Hinblick auf die Entstehung bandscheibenbedingter Erkrankungen der Lendenwirbelsäule gerechnet werden kann“ (Hartung und Dupuis, 1994). Sie merken weiterhin an, daß die Dosisrichtwerte als Anhaltspunkte zu verstehen sind, und regen epidemiologische Untersuchungen zur Überprüfung des vorgeschlagenen Dosisverfahrens und der vorgesehenen Richtwerte an.

8.7 Kombinationsverfahren

Im folgenden werden Verfahren beschrieben, bei denen für die Beurteilung von Lastenmanipulationen und für die Ermittlung zulässiger Lasten verschiedene

Beurteilungskriterien (z.B. energetische, biomechanische, psychophysikalische oder epidemiologische) und tätigkeitsbezogene Kriterien (z.B. Lastabstand, Hubhöhe etc.) gleichzeitig berücksichtigt sind. Diese Verfahren werden im folgenden unter dem Begriff „Kombinationsverfahren“ zusammengefaßt.

8.7.1 NIOSH-Verfahren von 1981

Dem NIOSH-Verfahren von 1981 liegt folgende Definition für das Manipulieren von Lasten zugrunde:

„Als Manipulieren von Lasten wird das Ergreifen und das Anheben bzw. Absetzen von Gegenständen mit definierten Abmaßen ohne Zuhilfenahme mechanischer Hilfsmittel bezeichnet. Die Dauer eines solchen Vorgangs beträgt in der Regel weniger als zwei Sekunden, so daß nur eine kurz andauernde Anspannung erforderlich ist (im Gegensatz zu Halte- und Tragetätigkeiten)“ (nach NIOSH, 1981).

Bei der Analyse von Lastenmanipulationen nach NIOSH müssen folgende Randbedingungen beachtet werden:

- gleichmäßiges Anheben (keine ruckartige Bewegung),
- beidhändiges, symmetrisches Heben in der Sagittalebene (direkt vor dem

Körper, kein Verdrehen während des Hebens),

- Lastbreite maximal 75 cm,
- keine Haltungseinschränkungen beim Heben,
- gute Kraftübertragungsbedingungen (zwischen Händen und Gegenstand, zwischen Schuhen und Untergrund) und
- günstige Umweltbedingungen.

Die Lastenmanipulation wird als Haupttätigkeit betrachtet. Nebentätigkeiten dürfen nur in sehr geringem Maße vorkommen, da sie bei der Berechnung vernachlässigt werden.

Beim NIOSH-Verfahren wurden auf der Basis von epidemiologischen, biomechanischen, physiologischen und psychophysikalischen Kriterien Lastgrenzen hergeleitet. Die Ermittlung der Lastgrenzen erfolgt in zwei Stufen. Zunächst wird das sogenannte „Action Limit (AL)“ nach folgender Gleichung bestimmt:

$$AL [kg] = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot FM$$

Der Begriff „Action Limit“ wird in der deutschsprachigen Literatur in der Regel als „Kontrollgrenze (KG)“ bezeichnet (siehe Martin et al., 1988; Istanbuli und Mainzer, undatiert; Hettlinger, 1991 a; Heuchert et al., 1993; Jäger et al., 1994).

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Die einzusetzenden Faktoren haben hierbei folgende Bedeutung:

LC = Lastkonstante = 40 kg. Bei idealen Arbeitsbedingungen nehmen die im folgenden beschriebenen Multiplikatoren den Wert 1 an, und die Lastkonstante beschreibt für diesen Fall das maximal zu hebende Gewicht.

$$HM = \text{Horizontal-Multiplikator} = \frac{15}{H},$$

wobei H = horizontaler Abstand zwischen dem Mittelpunkt zwischen den Sprunggelenken und den den Gegenstand greifenden Händen in cm zu Beginn der Hebetätigkeit. H ist auf Werte zwischen 15 cm und 80 cm beschränkt. Sofern der Abstand weniger als 15 cm beträgt, ist H = 15 cm zu setzen.

$$VM = \text{Vertikal-Multiplikator} = \frac{1}{1 - 0,004 \cdot V - 75},$$

wobei V = vertikaler Abstand zwischen der Standfläche der Person und den den Gegenstand greifenden Händen in cm zu Beginn der Hebetätigkeit. V ist auf Werte zwischen 0 cm und 175 cm beschränkt.

$$DM = \text{Distanz-Multiplikator} = 0,7 + \frac{7,5}{D},$$

wobei D = vertikal zurückgelegter Hubweg in cm am Ende der Hebetätigkeit. D wird auf Werte zwischen 25 cm und (200 - V) cm beschränkt. Bei Hubwegen, die weniger als 25 cm betragen, wird D auf 25 cm festgelegt.

$$FM = \text{Frequenz-Multiplikator} = 1 - \frac{F}{F_{\max}},$$

wobei F = durchschnittliche Hubfrequenz in 1/min und F_{\max} = von der Arbeitsdauer und der Aufnahmehöhe abhängige maximale Hubfrequenz in 1/min; sie wird aus Tabelle 41 abgelesen. Für die mittlere Hubfrequenz F wird angenommen, daß sie zwischen 0,2 Hübe/min (entsprechend 1 Hub in 5 Minuten) und den aus Tabelle 41 abzulesenden Werten für F_{\max} liegt. Bei Hebetätigkeiten, deren Ausführung weniger als einmal in 5 Minuten erfolgt, wird der Wert F = 0 gesetzt.

Die einzelnen Multiplikatoren können bei der praktischen Anwendung entweder mit Hilfe der auf der folgenden Seite abgebildeten Tabelle 42 ermittelt oder anhand der oben genannten Formeln errechnet werden.

Die vereinbarten Parameter zur Bestimmung der Lage der Last sind in Abbildung 47 (siehe Seite 148) dargestellt.

Neben dem „Action Limit“ wird das „Maximum Permissible Limit (MPL)“ ermittelt; sein Wert beträgt das Dreifache des „Action Limit“.

$$MPL \text{ [kg]} = 3 \cdot AL$$

In der deutschsprachigen Literatur werden für das MPL unterschiedliche Begriffe verwendet. Die am häufigsten verwendete Übersetzung ist die Zulässigkeitsgrenze (siehe z.B. Istanbuli und

Tabelle 41:

Maximale Hubfrequenz F_{\max} in Abhängigkeit der Aufnahmehöhe der Last und der Tätigkeitsdauer (NIOSH, 1981)

Maximale Hubfrequenz F_{\max} in 1/min	mittlere Aufnahmehöhe der Last	
	< 75 cm aufrecht stehend	\geq 75 cm gebeugt stehend
Dauer \leq 1 h	18	15
Dauer bis 8 h	15	12

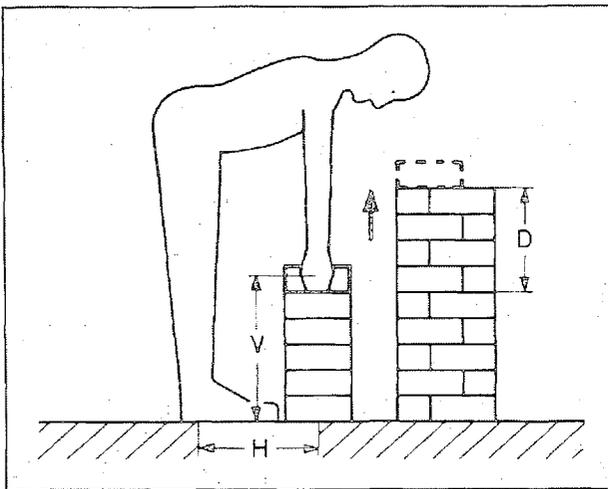
Tabelle 42:

Tabellarische Auflistung des Horizontal-Multiplikators, des Vertikal-Multiplikators und des Distanz-Multiplikators für das NIOSH-Verfahren von 1981

H in cm	HM	V in cm	VM	D in cm	DM
\leq 15	1,00	0	0,70	\leq 25	1,00
16	0,94	10	0,74	30	0,95
20	0,75	20	0,78	40	0,89
24	0,63	30	0,82	50	0,85
28	0,54	40	0,86	60	0,83
32	0,47	50	0,90	70	0,81
36	0,42	60	0,94	80	0,79
40	0,38	70	0,98	90	0,78
44	0,34	75	0,00	100	0,78
48	0,31	80	0,98	110	0,77
52	0,29	90	0,94	120	0,76
56	0,27	100	0,90	130	0,76
60	0,25	110	0,86	140	0,75
64	0,23	120	0,82	150	0,75
68	0,22	130	0,78	160	0,75
72	0,21	140	0,74	170	0,74
76	0,20	150	0,70	180	0,74
80	0,19	160	0,66	190	0,74
> 80	0,00	170	0,62	200	0,74
		175	0,60	> 200	0,00
		> 175	0,00		

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 47:
Parameter zur Bestimmung der Lage der Last
(nach NIOSH, 1981)



Mainzer, undatiert; Hettinger und Hahn, 1991). Weitere von anderen Autoren verwendete Begriffe sind beispielsweise die Zulassungsgrenze (Heuchert et al., 1993) oder die Gefährdungsgrenze (Jäger et al., 1989).

Die so errechneten Grenzen haben unter Berücksichtigung der vier zugrunde gelegten Kriterien (epidemiologisch, biomechanisch, physiologisch und psychophysikalisch) die im folgenden beschriebenen Bedeutungen: Das „Action Limit“ beschreibt die Last, bei deren Überschreitung mit einem erhöhten Risiko bezüglich muskuloskelettaler Schädigungen gerechnet werden muß (epidemiologisches Kriterium). Die auf die Bandscheibe L5-S1 wirkende Kompressionskraft

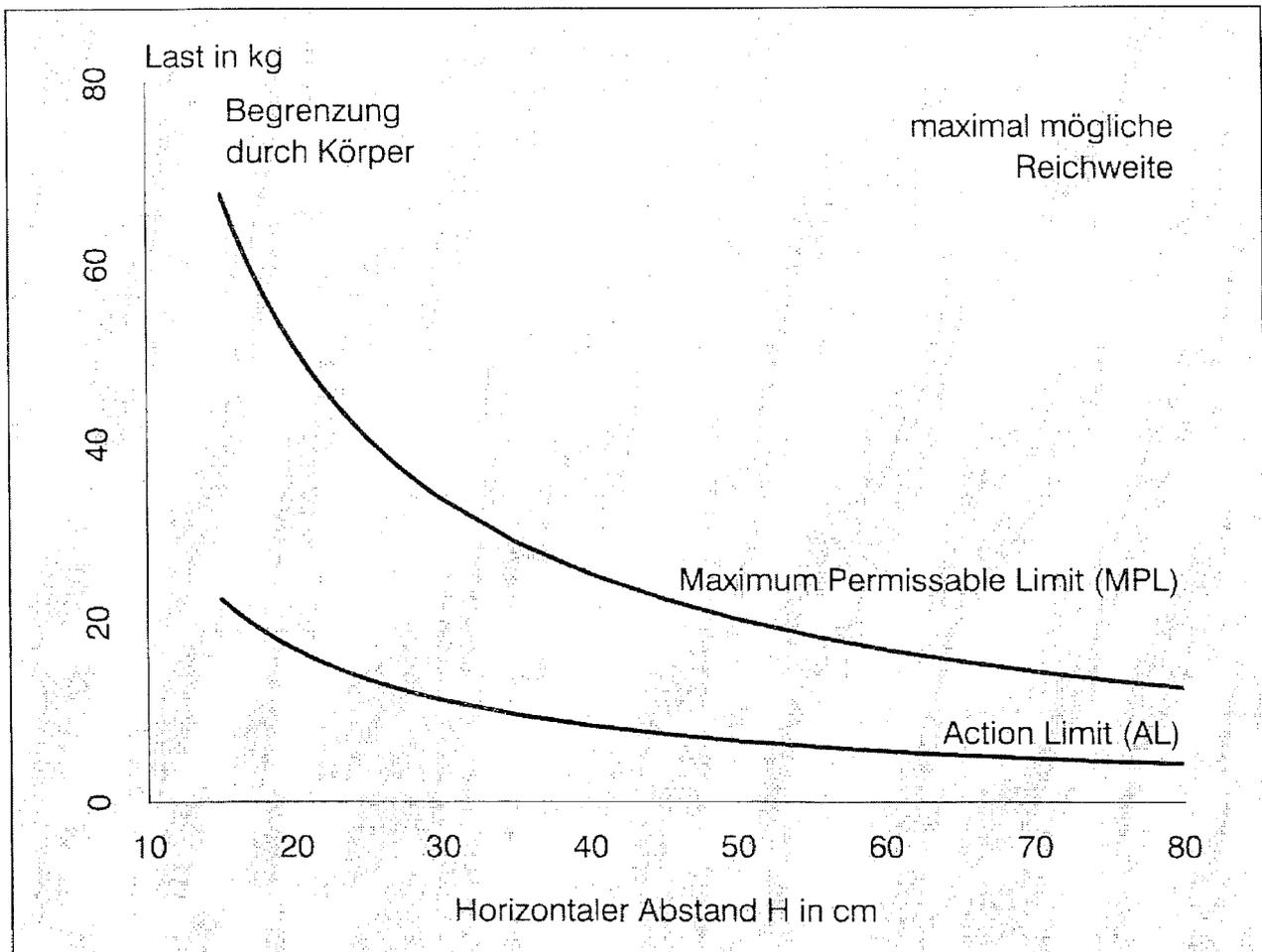
liegt bei diesem Limit bei ca. 3400 N. Dieser Wert wird nach der bei der Ableitung des NIOSH-Verfahrens berücksichtigten Literatur für die meisten jungen und gesunden Personen als akzeptabel angesehen (biomechanisches Kriterium). Dazu ist anzumerken, daß nach der in Abschnitt 7.3.1 dargestellten, weitaus umfangreicheren Literaturanalyse ein Grenzwert von 3400 N insbesondere für ältere Personen als zu hoch angesehen werden muß. Des Weiteren wird angenommen, daß durch das „Action Limit“ der Energieumsatz für die Mehrheit der arbeitenden Menschen auf 14,7 kJ/min (im Original 3,5 kcal/min) begrenzt wird (physiologisches Kriterium). Weiterhin werden die als „Action Limit“ errechneten Lasten von 75 % der weiblichen und von 99 % der männlichen Arbeitspersonen als ausführbar empfunden (psychophysikalisches Kriterium).

Beim Erreichen des „Maximum Permissible Limit“ muß mit einer starken Zunahme der Beanspruchung und nach dem epidemiologischen Kriterium mit einer Zunahme von Beeinträchtigungen der Wirbelsäule gerechnet werden. Ein für einen großen Anteil der Arbeitspersonen nach dem biomechanischen Kriterium nicht mehr tolerabler Wert der Druckkraft auf die Bandscheibe L5-S1 von 6500 N kann erreicht werden. Schließlich muß mit einem Energieumsatz von bis zu 21 kJ/min (im Original 5 kcal/min) ge-

rechnet werden (physiologisches Kriterium). Nach dem psychophysikalischen Kriterium empfinden nur 25 % der männlichen und weniger als 1 % der weiblichen Arbeitspersonen das Heben einer dieser Grenze entsprechenden Last als ausführbar.

Zur Verdeutlichung von drei im folgenden beschriebenen Beurteilungsbereichen ist in Abbildung 48 ein Diagramm dargestellt, das den Verlauf der errechneten Grenzwerte für die zu hebenden Lasten in Abhängigkeit des horizontalen Abstandes zwischen den Sprunggelenken

Abbildung 48:
Action Limit und Maximum Permissible Limit als Funktion des horizontalen Abstandes zwischen dem Mittelpunkt zwischen den Sprunggelenken und den den Gegenstand greifenden Händen (H)



8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

und den Händen (H) zeigt. Die anderen Variablen werden in diesem Beispiel festgesetzt auf ($D = 100 \text{ cm}$, $V = 130 \text{ cm}$, $F = 1 \text{ min}^{-1}$ und $F_{\text{max}} = 15 \text{ min}^{-1}$).

Für die mit diesem Verfahren analysierten Tätigkeiten haben die ermittelten Grenzwerte folgende Bedeutung:

- Tätigkeiten, die ein Manipulieren von Lasten oberhalb des „Maximum Permissible Limit“ erfordern, sollten als nicht akzeptabel angesehen und nicht weiter ausgeführt werden. Eine völlige Neugestaltung des Arbeitsablaufes nach ergonomischen Erkenntnissen ist erforderlich.
- Tätigkeiten, die ein Manipulieren von Lasten erfordern, deren Massen zwischen den Werten des „Action Limit“ und des „Maximum Permissible Limit“ liegen, sollten nur mit Hilfsmitteln ausgeführt werden. Arbeitsgestalterische Maßnahmen sollten vorgenommen werden.
- Tätigkeiten, die ein Manipulieren von Lasten unterhalb des errechneten „Action Limits“ erfordern, bedeuten für die Beschäftigten zwar noch Restrisiko; die Ausführung dieser Tätigkeiten erscheint aber unter Berücksichtigung der vier zugrunde gelegten Kriterien vertretbar.

Als rechnerunterstütztes Verfahren liegt das NIOSH-Verfahren von 1981 bei-

spielsweise als Bestandteil des wissensbasierten Systems ErgonEXPERT (Laurig et al., 1994), das in Abschnitt 8.8 näher beschrieben wird, oder als Version für Macintosh-Rechner (McCrobie, 1994) vor.

8.7.2 NIOSH-Verfahren von 1991

In einer 1991 abgeschlossenen erweiterten Version des NIOSH-Verfahrens (Revised NIOSH) (Waters et al., 1993) wurden einige Einschränkungen des Verfahrens von 1981 beseitigt. So wurden beispielsweise Faktoren in die Berechnungsformel miteinbezogen, die asymmetrische Bewegungen und unterschiedliche Kopplungsbedingungen zwischen Händen und Gegenstand berücksichtigen.

Das erweiterte NIOSH-Verfahren unterliegt danach noch folgenden Einschränkungen (Waters et al., 1993):

- beidhändiges Heben der Last
- langsame, gleichförmige Hubbewegung
- keine Einschränkung der Bewegungsfreiheit der ausführenden Person
- ausreichende Haftung zwischen Füßen der Person und Standfläche
- normale Umgebungsbedingungen

Des Weiteren wird die Annahme getroffen, daß langsames, gleichmäßiges Absetzen einer Last gleich dem oben beschriebenen Heben einer Last angesehen werden kann. Das Heben beziehungsweise das Absetzen von Lasten ist die Haupttätigkeit der ausführenden Person. Nebentätigkeiten kommen nur in sehr geringem Maße vor; sie werden bei der Anwendung des Verfahrens nicht berücksichtigt.

Mit der folgenden Gleichung wird mit diesem Verfahren das sogenannte „Recommended Weight Limit (RWL)“ berechnet. Der Begriff „Recommended Weight Limit“ kann dabei als „Empfohlenes maximales Lastgewicht“ oder als „Grenzlast“ bezeichnet werden.

$$\text{RWL [kg]} = \text{LC} \cdot \text{HM} \cdot \text{VM} \cdot \text{DM} \cdot \text{AM} \cdot \text{CM} \cdot \text{FM}$$

Hierbei haben die einzusetzenden Faktoren folgende Bedeutung:

LC = Lastkonstante = 23 kg. Bei idealen Arbeitsbedingungen nehmen die im folgenden beschriebenen Multiplikatoren den Wert 1 an und die Lastkonstante beschreibt für diesen Fall das maximal zu hebende Gewicht.

$$\text{HM} = \text{Horizontal-Multiplikator} = \frac{25}{H},$$

wobei H = horizontaler Abstand zwischen dem Mittelpunkt zwischen den

Sprunggelenken und den den Gegenstand greifenden Händen in cm zu Beginn und/oder am Ende der Hebetätigkeit. H ist auf Werte zwischen 25 cm und 63 cm beschränkt. Sofern der Abstand weniger als 25 cm beträgt, ist H = 25 cm zu setzen.

$$\text{VM} = \text{Vertikal-Multiplikator} = 1 - 0,003 \cdot |V - 75|,$$

wobei V = vertikaler Abstand zwischen der Standfläche der Person und den den Gegenstand greifenden Händen in cm zu Beginn und/oder am Ende der Hebetätigkeit. V ist auf Werte zwischen 0 cm und 175 cm beschränkt.

$$\text{DM} = \text{Distanz-Multiplikator} = 0,82 + \frac{4,5}{D},$$

wobei D = vertikal zurückgelegter Hubweg in cm. D wird auf Werte zwischen 25 cm und (175 - V) cm beschränkt. Bei Hubwegen, die weniger als 25 cm betragen, wird D auf 25 cm festgelegt.

$$\text{AM} = \text{Asymmetrie-Multiplikator} = 1 - 0,0032 \cdot A,$$

wobei A = Asymmetriewinkel in Grad, der das Verdrehen des Körpers aus der Sagittalebene während der Ausführung zu Beginn und/oder am Ende der Tätigkeit beschreibt (siehe Abbildung 47). Der Gültigkeitsbereich des Asymmetriewinkels liegt zwischen 0° und 135°.

CM = Kopplungs-Multiplikator (aus Tabelle 43, siehe Seite 152), der die Greif- bzw. Kopplungsbedingungen zwischen Händen und Gegenstand beschreibt.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 43:

Kopplungs-Multiplikator CM für unterschiedliche Kopplungsbedingungen zwischen den Händen und dem Gegenstand (Waters et al., 1993)

Kopplungsbedingung	Kopplungs-Multiplikator CM	
	$V < 75 \text{ cm}$	$V \geq 75 \text{ cm}$
gut	1,00	1,00
mittel	0,95	1,00
schlecht	0,90	0,90

Für die Ausprägungen „gut“, „mittel“ und „schlecht“ werden folgende Annahmen getroffen:

Gut:

Die Behälter sind quaderförmig und gut gestaltet, die Oberfläche ist glatt und rutschfest, die Breite beträgt $\leq 40 \text{ cm}$, die Höhe $\leq 30 \text{ cm}$.

Es sind gut gestaltete Griffe oder Aussparungen vorhanden oder der Gegenstand kann mit einem Umfassunggriff gehalten werden.

Griffe: Durchmesser 1,9 cm bis 3,8 cm; Länge $\geq 11,5 \text{ cm}$; Hand-Freiraum $\geq 5 \text{ cm}$, zylindrische Form und glatte, rutschfeste Oberfläche

Aussparungen: Höhe $\geq 3,8 \text{ cm}$, Länge $\geq 11,5 \text{ cm}$, Hand-Freiraum $\geq 5 \text{ cm}$, halb-ovale Form, glatte, rutschfeste Oberfläche, Wandstärke $\geq 1,1 \text{ cm}$

Mittel:

Die Behälter sind quaderförmig und gut gestaltet, die Oberfläche ist glatt und rutschfest, die Breite beträgt $\leq 40 \text{ cm}$, die Höhe $\leq 30 \text{ cm}$, aber: Griffe oder Aussparungen sind schlecht gestaltet

sonstige Gegenstände, die mit einer Fingerkrümmung von ca. 90° gehalten werden können

Schlecht:

schlecht gestaltete quaderförmige Gegenstände, deren Breite $> 40 \text{ cm}$ oder Höhe $> 30 \text{ cm}$ ist, die eine rauhe oder rutschende Oberfläche besitzen, die scharfe Kanten, asymmetrische oder instabile Gewichtsverteilung aufweisen oder den Gebrauch von Handschuhen erfordern

sonstige, schwer zu handhabende Gegenstände

FM = Frequenz-Multiplikator (aus Tabelle 44), der die Häufigkeit des Hebens in Abhängigkeit von der Gesamtarbeitsdauer und des vertikalen Abstands zwischen Standfläche der Person und den den Gegenstand greifenden Händen beschreibt. Es werden lediglich Frequenzen zwischen 0,2 Hüben/Minute und einer vom vertikalen Abstand und der Tätigkeitsdauer ab-

hängigen maximalen Frequenz berücksichtigt. Hubfrequenzen, die über der maximalen Frequenz liegen, wird der Frequenz-Multiplikator 0 zugeordnet. (Anmerkung: Auf diese Weise ergibt sich für das RWL ebenfalls ein Wert von 0 kg. Das bedeutet, daß die Tätigkeit in der vorliegenden Art nicht ausgeführt werden sollte.)

Tabelle 44:
Frequenz-Multiplikator FM in Abhängigkeit von der Arbeitsdauer und vom vertikalen Abstand (Waters et al., 1993)

Hub- frequenz F [1/min]	Frequenz-Multiplikator FM					
	Arbeitsdauer					
	≤ 1 h		1 h - 2 h		2 h - 8 h	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm	V < 75 cm	V ≥ 75 cm	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
≤ 0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Bei der Ermittlung des Frequenz-Multiplikators müssen folgende Besonderheiten beachtet werden:

□ Die Anwendung der Kategorie „Arbeitsdauer ≤ 1 h“ erfordert, daß nach der Ausführung einer Tätigkeit eine Erholungsdauer folgen muß, die dem 1,2fachen der Tätigkeitsdauer entspricht. Für den Fall, daß eine entsprechende Erholungsdauer nicht vorhanden ist, sondern eine weitere Tätigkeit nach kürzerer Erholungsdauer ausgeführt wird, werden die Tätigkeitszeiten addiert. Überschreitet die so errechnete Gesamttätigkeitszeit eine Stunde, wird der Frequenz-Multiplikator aus Kategorie 2 (1 h - 2 h) ermittelt.

□ Bei der Tätigkeitsanalyse wird ein Beobachtungszeitraum von 15 Minuten zur Ermittlung der Hubfrequenz zugrunde gelegt. Innerhalb dieser 15 Minuten soll es zu keiner Unterbrechung der Tätigkeit kommen. Tätigkeiten, die nicht kontinuierlich über 15 Minuten ausgeführt werden, erfordern eine spezielle Ermittlung des Frequenz-Multiplikators. Hierbei wird die Hubfrequenz pro Minute während der Ausführung der Tätigkeit ermittelt und auf den Beobachtungszeitraum von 15 Minuten umgerechnet.

Beispiel:

Eine Tätigkeit besteht wechselweise aus sechsminütigen Arbeitsperioden und drei-

minütigen Erholungspausen. Innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 15 Minuten wird die Hebetätigkeit nur zwölf Minuten lang ausgeführt. Die Hubfrequenz während der Ausführung der Tätigkeit wird zu drei Hüben/Minute ermittelt. Die Gesamthubrate innerhalb der zwölfminütigen Tätigkeitsdauer beträgt also $12 \cdot 3 = 36$ Hübe. Bezogen auf den Beobachtungszeitraum von 15 Minuten ergibt sich entsprechend eine Hubfrequenz F von 36 Hüben/15 Minuten, also 2,4 Hübe/Minute.

□ Die Kategorie „Arbeitsdauer 1 h - 2 h“ hat zur Auflage, daß der Tätigkeitsdauer eine Erholungsdauer folgen muß, die dem 0,3fachen der Tätigkeitsdauer entspricht. Werden beispielsweise 2 h ununterbrochen Lasten gehoben, muß nach Ablauf der zwei Stunden eine 36minütige Erholungspause folgen. Werden diese 36 Minuten nicht eingehalten und es wird eine weitere Tätigkeit aufgenommen, so muß der entsprechende Frequenz-Multiplikator aus Kategorie 3 (2 h - 8 h) ermittelt werden.

Bei der Beschreibung einiger Parameter fällt auf, daß sowohl Entfernungen zu Beginn als auch am Ende der Tätigkeiten relevant sind. Zur Bestimmung des „Recommended Weight Limit“ sollten deshalb beide Stellungen analysiert werden, wobei das Ergebnis mit geringerer

Grenzlast (belastenderer Tätigkeitsanteil) in die weitere Berechnung mit eingeht.

Zusätzlich zu den zuvor gegebenen Bestimmungsgleichungen für den Horizontal-Multiplikator HM, den Vertikal-Multi-

pplikator VM, den Distanz-Multiplikator DM und den Asymmetrie-Multiplikator AM ist der Zusammenhang zwischen den Multiplikatoren und den jeweiligen Bestimmungsgrößen in Tabelle 45 angegeben.

Tabelle 45:

Tabellarische Auflistung des Horizontal-Multiplikators HM, des Vertikal-Multiplikators VM, des Distanz-Multiplikators DM und des Asymmetrie-Multiplikators AM

H [cm]	HM	V [cm]	VM	D [cm]	DM	A [Grad]	AM
≤ 25	1,00	0	0,78	≤ 25	1,00	0	1,00
28	0,89	10	0,81	30	0,97	15	0,95
30	0,83	20	0,84	40	0,93	30	0,90
32	0,78	30	0,87	50	0,91	45	0,86
34	0,74	40	0,90	60	0,90	60	0,81
36	0,69	50	0,93	70	0,88	75	0,76
38	0,66	60	0,96	80	0,88	90	0,71
40	0,63	70	0,99	90	0,87	105	0,66
42	0,60	75	1,00	100	0,87	120	0,62
44	0,57	80	0,99	110	0,86	135	0,57
46	0,54	90	0,96	120	0,86	> 135	0,00
48	0,52	100	0,93	130	0,85		
50	0,50	110	0,90	140	0,85		
52	0,48	120	0,87	150	0,85		
54	0,46	130	0,84	160	0,85		
56	0,45	140	0,81	170	0,85		
58	0,43	150	0,78	175	0,85		
60	0,42	160	0,75	> 175	0,00		
63	0,40	170	0,72				
> 63	0,00	175	0,70				
		> 175	0,00				

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Nach der Bestimmung des „Recommended Weight Limits“ kann eine Kennzahl, der sogenannte „Lifting Index“, gebildet werden, mit dessen Hilfe ein Vergleich der Belastungen an unterschiedlichen Arbeitsplätzen oder bei unterschiedlichen Hebetätigkeiten gemacht werden kann. Ein Lifting Index, der den Wert 1 überschreitet, zeigt dem Anwender, daß die zu manipulierende Last das empfohlene maximale Lastgewicht überschreitet und somit gestalterische Maßnahmen eingeleitet werden sollten.

$$\text{Lifting Index LI} = \frac{\text{Lastgewicht [kg]}}{\text{Recommended Weight Limit [kg]}}$$

Bei der Festlegung des „Recommended Weight Limit“ wurden folgende biomechanische, physiologische und psychophysikalische Kriterien berücksichtigt:

- Die Druckkraft auf die Bandscheibe L5-S1 liegt unter 3400 N.
- Der Energieumsatz beim Manipulieren einer Last unterhalb des RWL wird bei zwei- bis achtstündiger Tätigkeit unterhalb von 75 cm auf 13,0 kJ/min und oberhalb von 75 cm auf 9,2 kJ/min begrenzt. Bei kürzerer Tätigkeitsdauer (bis 1 h) werden höhere Werte von

19,7 kJ/min (unter 75 cm) und 13,9 kJ/min (über 75 cm) zugelassen.

- Das Heben von Lasten beim RWL wird von 75 % der weiblichen und von 99 % der männlichen Arbeitspersonen als ausführbar empfunden. Dies entspricht bei einer Gesamtbetrachtung 90 % des Gesamtkollektivs.

Das NIOSH-Verfahren von 1991 liegt von verschiedenen Autoren auch als rechnergestütztes Verfahren vor. So wurde beispielsweise von Garg (1993) das „Revised NIOSH Guide Program for Manual Lifting“ und von McCrobie (1994) der „NIOSH Lifting Calculator“ vorgestellt. Es ist weiterhin Bestandteil des in Abschnitt 8.7.7 beschriebenen Programms „ErgonLIFT“.

8.7.3 Verfahren nach Entwurf ISO/CD 10228 für Hebe- und Tragetätigkeiten

Der Entwurf der International Organisation for Standardization ISO/CD 10228 vom Juli 1994 enthält ein Verfahren zur Ermittlung von Grenzlasten für das Heben und ein Verfahren zur Beurteilung von Tragetätigkeiten. Da die Verfahren bisher nur im Entwurf beschrieben sind, sind die aufgeführten Werte als vorläufig anzusehen.

8.7.3.1 Bestimmung von Grenzlasten für das Heben

Das im ISO/CD 10228 (1994) beschriebene Verfahren zur Analyse von Hebevorgängen basiert auf dem in Abschnitt 8.7.2 beschriebenen NIOSH-Verfahren von 1991 (Waters et al., 1993). Dabei werden — ähnlich dem NIOSH-Verfahren — Randbedingungen an das Verfahren gestellt:

- gleichmäßige Bewegungsausführung,
- die Breite der zu hebenden Gegenstände beträgt höchstens 0,75 m,
- uneingeschränkte Bewegungs- und Haltungsmöglichkeit (keine beengten Räume),
- gute Haftbedingungen zwischen Schuhen und Untergrund und
- kein Einfluß durch klimatische Bedingungen.

Folgende Gleichung zur Berechnung der Lastgrenze (Recommended Limit) liegt dem Verfahren zugrunde:

$$m < 25 \cdot k_d \cdot k_h \cdot k_s \cdot k_a \cdot k_f \cdot k_g$$

Die gegebenen Variablen haben dabei folgende Bedeutung:

m = Grenzlast in kg

$$k_d = \text{Horizontal-Koeffizient} = \frac{0,25}{d},$$

wobei d = horizontaler Abstand zwischen dem Mittelpunkt zwischen den Sprunggelenken und den den Gegenstand greifenden Händen in m

$$k_h = \text{Vertikal-Koeffizient} = \frac{1}{1 - 0,3 \cdot |0,75 - h|},$$

wobei h = vertikaler Abstand zwischen der Standfläche der Person und den den Gegenstand greifenden Händen in m

$$k_s = \text{Distanz-Koeffizient} = 0,82 + \frac{0,045}{s},$$

wobei s = vertikal zurückgelegter Hubweg in m vom Anfang der Hubbewegung bis zum Ende

$$k_a = \text{Asymmetrie-Koeffizient} = \frac{1}{1 - 0,0032 \cdot \alpha},$$

wobei α = Asymmetriewinkel in Grad

k_f = Frequenz-Koeffizient (aus Tabelle 46, siehe Seite 158), der sich aus der durchschnittlichen Häufigkeit des Hebens pro Minute ergibt

k_g = Greifbedingungs-Koeffizient (aus Tabelle 47, siehe Seite 158), der die Qualität der Greifmöglichkeiten angibt

Hierbei muß folgendes beachtet werden:

- Wenn die Dauer der Hebetätigkeit kleiner als eine Stunde pro Tag ist und sich danach eine Pause von mindestens 120 % der Tätigkeitsdauer anschließt, werden die Koeffizienten aus der letzten Spalte entnommen.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 46:
Frequenz-Koeffizient k_f (ISO/CD 10228, 1994)

Hub- frequenz F [1/min]	Frequenz-Koeffizient		
	Arbeitsdauer		
	2 - 8 h	1 - 2 h	< 1 h
$\leq 0,2$	0,85	0,95	1,00
1	0,75	0,88	0,94
2	0,65	0,84	0,91
4	0,45	0,72	0,84
8	0,18	0,35	0,60
12	0,00	0,21 ¹⁾	0,37
15	0,00	0,00	0,28 ¹⁾

¹⁾ bei $h < 0,75$ m: $k_f = 0,00$

Tabelle 47:
Greifbedingungs-Koeffizient k_g für unterschiedliche Greifbedingungen zwischen den Händen und dem Gegenstand (ISO/CD 10228, 1994)

Greifbe- dingung	Greifbedingungs-Koeffizient k_g	
	$V < 0,75$ m	$V \geq 0,75$ m
gut	1,00	1,00
mittel	0,95	1,00
schlecht	0,90	0,90

□ Bei einer Tätigkeitsdauer von ein bis zwei Stunden pro Tag für Hebetätigkeiten und einer Pausendauer von mindestens 30 % der Tätigkeitszeit des Hebens wird der Koeffizient aus der mittleren Spalte entnommen. Dies trifft

auch dann zu, wenn die Tätigkeitsdauer für Hebevorgänge geringer als eine Stunde ist und die anschließende Pause weniger als 120 % dieser Tätigkeitsdauer entspricht.

□ Bei einer Tätigkeitsdauer über zwei Stunden oder bei Tätigkeiten bis zu zwei Stunden mit einer Pausendauer, die geringer als 30 % dieser Tätigkeitsdauer ist, wird der Koeffizient aus der ersten Spalte entnommen.

Hierbei sind die Greifbedingungen folgendermaßen definiert:

gut:

wenn der Gegenstand durch Umfassen von Griffen oder durch vorhandene Greifmulden gut erfaßt werden kann, oder wenn der Gegenstand selbst ohne starke Beugung oder ohne ungünstige Haltung des Handgelenks erfaßt werden kann

mittel:

wenn der Gegenstand Griffe oder Greifmulden aufweist, die nicht den Anforderungen für gute Greifbedingungen entsprechen, oder wenn der Gegenstand mit 90° angewinkelten Händen umfaßt werden kann

schlecht:

wenn die Kriterien für gute und mittlere Greifbedingungen nicht erfüllt sind.

Lasten, die den empfohlenen Grenzwert von 25 kg überschreiten, sollten Ausnahmen sein. Auch dann, wenn die empfohlenen Grenzwerte überschritten werden, sollten sichere Arbeitsbedingungen gewährleistet sein. Dies kann dadurch erreicht werden, daß gesunde und trainierte Personen eingesetzt werden. Allerdings sollte unter allen Umständen ein Wert von 40 kg nicht überschritten werden.

8.7.3.2 Verfahren zur Beurteilung von Tragetätigkeiten

Zusätzlich zu dem oben beschriebenen Verfahren zur Beurteilung von Hebetätigkeiten werden in dem ISO-Entwurf Grenzwerte für das Tragen von Lasten gegeben. Hierbei wird die während einer Stunde beförderte kumulative Masse der Gegenstände als Beurteilungskriterium herangezogen. Die Grenzwerte sind in Abhängigkeit der zurückzulegenden Tragedistanz in Tabelle 48 angegeben. Sie gelten jedoch nur bei guten Arbeitsbedingungen und ohne Berücksichtigung klimatischer Einflüsse. Bei schlechten Arbeitsbedingungen oder ungünstigen klimatischen Einflüssen sollten die in der Tabelle gegebenen Werte um mindestens 1/3 verringert werden. Die kumulative Masse sollte 10 000 kg/Tag nicht überschreiten.

Tabelle 48:
Empfohlene Grenzwerte für kumulative Massen beim Tragen von Lasten (ISO/CD 10228, 1994)

Tragedistanz [m]	maximale kumulative Masse		
	kg/min	kg/Stunde	kg/Tag (Schichtdauer = 8 h)
20	12,5	750	6 000
10	25	1 500	10 000
4	50	3 000	10 000
2	75	4 500	10 000
1	120	7 200	10 000

8.7.4 BOSCH-Verfahren

Ein bei der Firma BOSCH entwickeltes Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Grenzkraften beim manuellen Lastenumsetzen (Berger und Jenner, 1984) berücksichtigt folgende Einflußgrößen:

- Geschlecht
- Art der Ausführung der Tätigkeit (einhändig oder beidhändig)
- Greifentfernung
- Beuge- und Bückvorgänge
- Belastungshäufigkeit
- Belastungsdauer

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Trainiertheit und Eignung der ausführenden Person

Greifhöhe

Der Anwendungsbereich des Verfahrens ist bei Frauen auf Kräfte zwischen 15 N und 150 N und bei Männern auf Kräfte zwischen 15 N und 400 N beschränkt. Mit Hilfe der folgenden Gleichung wird eine Grenzkraft F_{Gr} berechnet:

$$F_{Gr} = K_G \cdot K_E \cdot K_{B1} \cdot K_{B2} \cdot K_T \cdot K_{HD} \cdot F_{max}$$

Für die Analyse der Tätigkeiten steht ein Arbeitsblatt zur Verfügung, das dem Anwender die einzelnen Faktoren der Berechnungsformel erläutert.

Der Faktor K_G berücksichtigt sowohl das Geschlecht der ausführenden Person als auch die Art der Ausführung (einhändig oder beidhändig). Die entsprechenden Faktoren sind aus Tabelle 49 zu entnehmen.

Zur Beschreibung der Greifentfernung stehen drei Bereiche zur Verfügung (nah, mittel, fern). Der für den jeweiligen Fall

einzusetzende Faktor K_E in Abhängigkeit der Entfernung ist in Abbildung 49 dargestellt.

Abbildung 49:
Faktor K_E für Greifentfernungsbereich, von der Fußspitze aus gemessen (Berger und Jenner, 1984)

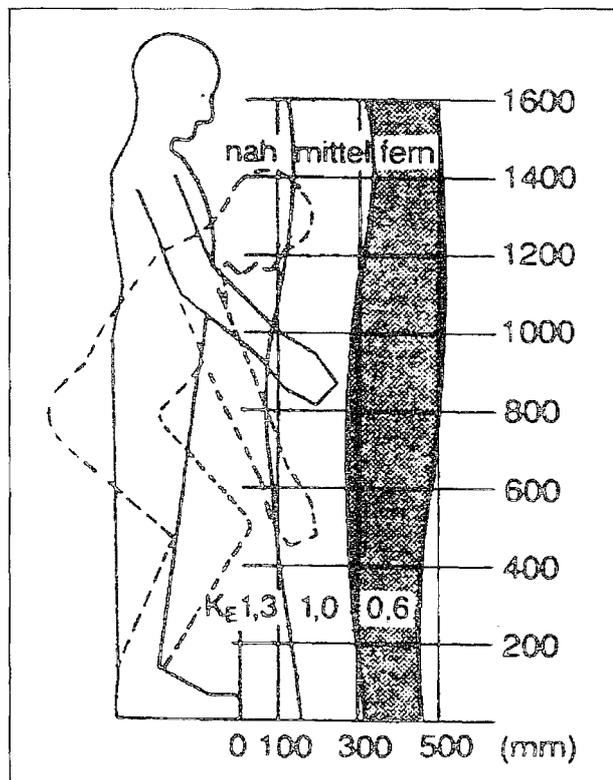


Tabelle 49:

Faktor K_G für Geschlecht und Art der Ausführung der Tätigkeit (Berger und Jenner, 1984)

	Männer		Frauen	
	einhändig	beidhändig	einhändig	beidhändig
Faktor K_G	1	2	0,65	1,3

Durch die Faktoren K_{B1} und K_{B2} wird die Häufigkeit von Beuge- und Bückvorgängen innerhalb eines definierten Tätigkeitszeitraums berücksichtigt. Als Beugen (K_{B1}) gilt eine Tätigkeit, bei der die niedrigste Greifhöhe unter 700 mm liegt. Befindet sich die niedrigste Greifhöhe unter 300 mm, so muß zusätzlich zum Beugen auch ein Bücken (K_{B2}) analysiert werden (ansonsten ist $K_{B2} = 1$). Die zur Berechnung der Grenzkraft einzusetzenden Faktoren K_{B1} und K_{B2} sind aus Tabelle 50 ersichtlich.

Durch den Faktor K_T können unterschiedliche Anforderungen bezüglich der körperlichen Leistungsfähigkeit (Trainiertheit und Eignung) innerhalb der verschiedenen Bereiche eines Betriebes berücksichtigt werden. Für folgende Bereiche werden Werte für K_T angegeben:

Bereiche, in denen:

- auf hohe körperliche Leistungsfähigkeit besonderer Wert gelegt wird
= $K_T = 1,4$
- eine mittlere körperliche Leistungsfähigkeit verlangt wird (normaler Planungswert)
= $K_T = 1$
- die körperliche Leistungsfähigkeit eine untergeordnete Rolle spielt
= $K_T = 0,7$

Um den Faktor K_{HD} für die Häufigkeit und die Dauer der „Kraftanstrengungen“ zu bestimmen, muß zuvor der Faktor D über die Dauer ermittelt werden. Hierzu stehen drei Bereiche für die Dauer der Kraftanstrengung zur Verfügung; sie sind aus Tabelle 51 (S. 162) zu entnehmen.

Tabelle 50:
Faktor K_{B1} für das Beugen und Faktor K_{B2} für das Bücken in Abhängigkeit der Häufigkeit je Tätigkeitszeitraum (Berger und Jenner, 1984)

Greifhöhe (mm)	Häufigkeit der Beuge- und Bückvorgänge je Tätigkeitszeitraum					
	4 h			8 h		
	0 - 150	151 - 300	> 300	0 - 250	251 - 500	> 500
Beugen (K_{B1})	1	0,95	0,9	1	0,95	0,9
Bücken (K_{B2})	1	0,9	0,85	1	0,9	0,85

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

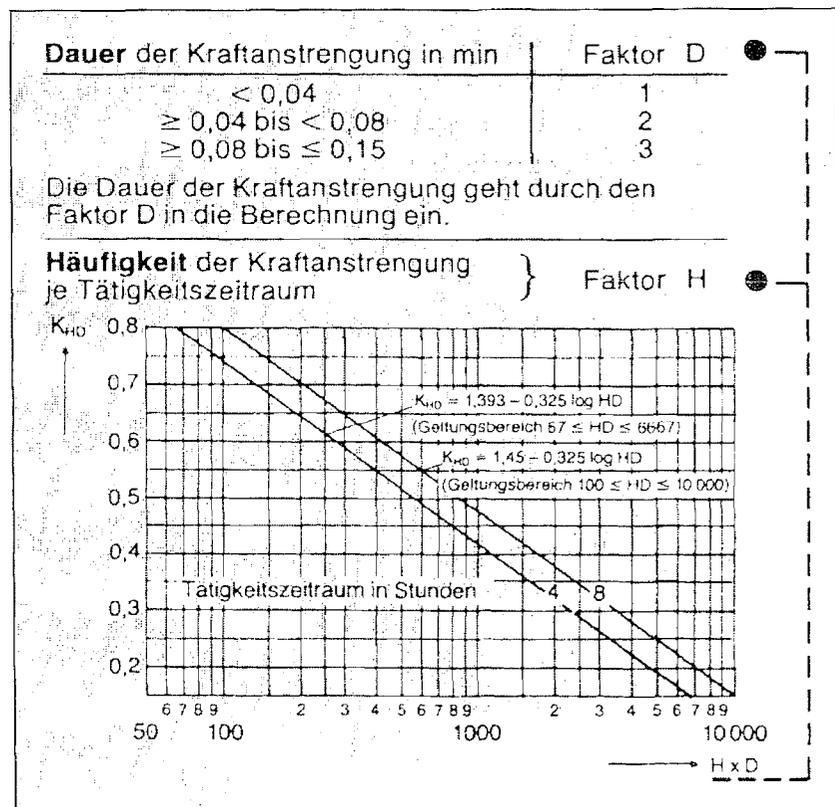
Tabelle 51:
 Faktor D zur Berücksichtigung der Dauer der Kraftanstrengung (Berger und Jenner, 1984)

Dauer der Kraftanstrengung in Minuten	Faktor D
< 0,04	1
≥ 0,04 bis < 0,08	2
≥ 0,08 bis ≤ 1,15	3

Nachdem der Faktor D ermittelt worden ist, wird das Produkt zwischen den Fak-

toren D und H gebildet, wobei der Faktor H die Häufigkeit der Kraftanstrengungen innerhalb eines definierten Tätigkeitszeitraums (vier oder acht Stunden) ist. Der zur Berechnung der Grenzkraft relevante Faktor K_{HD} wird dann durch die Anwendung des Nomogramms in Abbildung 50 ermittelt. Hierbei ist darauf zu achten, daß die dem jeweils entsprechenden Tätigkeitszeitraum zugehörige Gerade verwendet wird.

Abbildung 50:
 Nomogramm zur Ermittlung des Faktor K_{HD} für die Häufigkeit und die Dauer der Kraftanstrengung (Berger und Jenner, 1984)



Der Faktor F_{\max} , der die Maximalkraft beim einhändigen Heben in Abhängigkeit des Greifhöhenbereichs beschreibt, bildet die Basis zur Ermittlung der Grenzkraft; die vorher genannten Faktoren wirken auf diesen Faktor in der Regel einschränkend (Ausnahme: hohe Leistungsfähigkeit und beidhändige Tätigkeit). In Tabelle 52 sind diese Maximalkräfte F_{\max} angegeben.

Tabelle 52:
Maximalkraft F_{\max} in Abhängigkeit der Greifhöhe (Berger und Jenner, 1984)

Greifhöhenbereiche in mm	F_{\max} in Newton
> 1 400 bis \leq 1 600	150
> 900 bis \leq 1 400	200
> 800 bis \leq 900	225
> 600 bis \leq 800	250
> 400 bis \leq 600	300
\leq 400	350

Zusätzlich zu den bisher genannten Faktoren wird die Grenzkraft für den Fall, daß die Dauer der Kraftanstrengung mehr als 0,04 min beträgt und ein ständiger Greifabstand von mehr als 300 mm oder eine ständige Greifhöhe über 1500 mm vorliegt, weiter reduziert. In diesen Fällen wird die ermittelte Grenzlast F_{Gr} in folgender Weise auf den Wert F'_{Gr} korrigiert:

Männer:

einhändig

$$F'_{Gr} = F_{Gr} - 18 \text{ N}$$

beidhändig

$$F'_{Gr} = F_{Gr} - 36 \text{ N}$$

Frauen:

einhändig

$$F'_{Gr} = F_{Gr} - 15 \text{ N}$$

beidhändig

$$F'_{Gr} = F_{Gr} - 30 \text{ N}$$

Aufgrund der bei der Firma BOSCH bestehenden innerbetrieblichen Grenzwerte für zyklisch wiederkehrende Arbeiten darf eine Kraft — unabhängig von der durch dieses Verfahren berechneten Grenzkraft — von 150 N für Frauen (entspricht einer Last von ca. 15 kg) und 400 N für Männer (entspricht einer Last von ca. 40 kg) nicht überschritten werden (Berger und Jenner, 1984).

8.7.5 REFA-Verfahren

Eine dem BOSCH-Verfahren ähnliche Berechnungsvorschrift zur Ermittlung von Grenzlasten bei Hebetätigkeiten stellt ein vom REFA-Fachausschuß Chemie (REFA, 1987) entwickeltes Verfahren dar. Hierbei handelt es sich um eine Weiterentwicklung der Verfahren nach Siemens (1969), Burandt (1978) und einem vom Verein Deutscher Ingenieure veröffentlichten Verfahren (VDI, 1980). Das VDI-Verfahren zeigt in einigen Punkten zwar geringe Unterschiede gegenüber dem REFA-Verfahren (z.B. genauere Berücksichtigung des Alters oder Be-

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

rücksichtigung der maximalen Halte-dauer), soll aber wegen der ansonsten vorhandenen großen Ähnlichkeit an dieser Stelle nicht weiter beschrieben werden.

Folgende Definition des Handhabens von Lasten liegt dem REFA-Verfahren zugrunde (REFA, 1987):

„Unter dem Handhaben von Lasten wird hier die Transportarbeit verstanden, die beim manuellen Greifen und Anheben bzw. Absetzen von Lasten definierbarer Größen ohne mechanische Hilfe verrichtet wird. Die Verrichtung weist einen kontinuierlichen Bewegungsablauf mit mäßiger Bewegungsgeschwindigkeit auf. Der Vorgang darf von statischer Haltearbeit nicht mehr als drei Sekunden unterbrochen sein. Der ermittelte Grenzwert wird als Grenzlast bezeichnet.“

Bei der Anwendung dieses Verfahrens müssen einige Einschränkungen berücksichtigt werden, die im folgenden beschrieben sind:

- Die Ausführung der Tätigkeiten muß gleichmäßig und darf „nicht mit Schwung“ erfolgen.
- Die Kraftübertragung zwischen Füßen und Standfläche muß ausreichend gewährleistet sein, so daß die Last „problemlos aufgenommen werden kann“.

Der Körper darf sich bei der Ausübung der Tätigkeiten nicht in einer Zwangshaltung befinden; es muß eine „natürliche“ Körperhaltung gewährleistet sein.

Die Umgebungsbedingungen müssen so sein, daß sich dadurch bei der Ausübung der Tätigkeiten keine zusätzliche Belastung ergibt.

Die Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der Grenzlast beinhaltet zwei Stufen. In der ersten Stufe wird die individuelle Maximalkraft anhand von Faktoren ermittelt, in denen der Einfluß der durchschnittlichen Maximalkraft, des Geschlechts und des Alters, der Trainiertheit, der Anzahl der hebenden Personen und der Art des Hebens (einhändig oder beidhändig) berücksichtigt ist. Dabei wird unter der individuellen Maximalkraft F_i die unter größtmöglicher willentlicher Anstrengung erreichbare Kraft verstanden. Die Formel zur Ermittlung der individuellen Maximalkraft und die relevanten Faktoren werden im folgenden beschrieben.

$$F_i \text{ [N]} = F_N \cdot k_A \cdot k_B \cdot k_C \cdot k_D$$

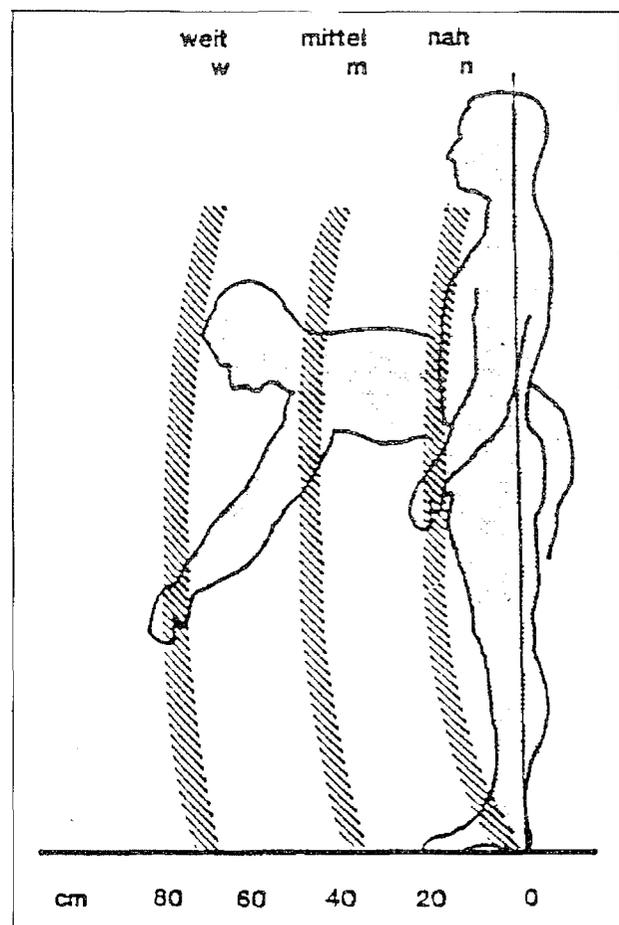
F_N :

Die Normalkraft F_N ist die durchschnittliche Maximalkraft von Männern im Alter zwischen 20 und 30 Jahren (die Zahlenwerte sind in Tabelle 53 auf Seite 166

angegeben). Die Maximalkraft ist abhängig von verschiedenen tätigkeitsbedingten Einflußfaktoren wie der vertikalen Griffhöhe zu Beginn der Tätigkeit, der vertikalen Griffhöhe am Ende der Tätigkeit, der maximalen Höhe der Bewegungsbahn beim Heben über ein Hindernis und der Griffentfernung zwischen Körpermittelachse und Last beim Anheben oder beim Absetzen. Bei Tätigkeiten mit wechselnden Griffentfernungen werden die F_N -Werte für jeden Fall ermittelt und der Mittelwert gebildet. Bei unterschiedlichen Griffentfernungen zwischen Anheben und Absetzen der Last wird die größere Griffentfernung zur Bestimmung der Normalkraft F_N gewählt. Für den Fall, daß bei einer Tätigkeit veränderliche Griffhöhen auftreten (z.B. beim Umstapeln auf Paletten), wird die Normalkraft für den ersten und den letzten Stapelhub bestimmt und gemittelt. Kommen innerhalb dieser Tätigkeiten Griffhöhen unter 70 cm vor, werden von der ermittelten Normalkraft 10 % abgezogen. Die Werte der Normalkraft in Abhängigkeit der oben beschriebenen Einflußgrößen können aus Tabelle 53 entnommen werden. Die hierzu erforderliche Angabe über die Griffentfernung von der Körperlängsachse wird aus Abbildung 51 abgelesen.

Die so bestimmte Normalkraft F_N wird mit den Gewichtungsfaktoren k_A , k_B , k_C und k_D multipliziert.

Abbildung 51:
Entfernungsbereiche zwischen Greifposition der Hände am Gegenstand und Körperlängsachse (REFA, 1987)



k_A :
Der Faktor k_A beinhaltet die Einflußgrößen Alter und Geschlecht. Die einzelnen Gewichtungszahlen können aus Tabelle 54 (siehe Seite 167) entnommen werden. Bei der Analyse einer Arbeitsgruppe wird der Faktor für den Mitarbeiter mit dem niedrigsten Wert ermittelt.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 53:

Normalkraft F_N [N] in Abhängigkeit der Körpergröße [cm], der Griff-Ausgangshöhe [cm], der Griff-Endhöhe [cm] und den Griffentfernungsbereichen nah (n), mittel (m) und weit (w) aus Abbildung 51 (REFA, 1987)

Griff-Endhöhe [cm]			Normalkraft [N]										
160	180	w	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
		m	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
		n	350	350	350	350	350	350	350	450	450	400	400
140	160	w	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
		m	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	250
		n	500	550	550	550	550	500	450	550	650	600	400
120	140	w	250	250	250	250	250	250	250	250	250	200	200
		m	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	350
		n	650	650	600	600	550	500	600	700	600	600	400
100	120	w	300	300	300	300	300	250	250	250	200	200	
		m	400	400	400	400	400	400	400	400	400	350	250
		n	650	650	600	650	550	500	600	600	600	600	400
90	100	w	350	350	300	300	300	300	250	250	200	200	
		m	450	450	450	450	400	400	400	400	400	350	250
		n	850	900	900	650	650	500	550	600	600	600	400
80	90	w	350	350	300	300	300	300	250	250	200	200	
		m	450	450	450	450	450	400	400	400	400	350	250
		n	1050	1100	1100	1050	1000	500	550	600	550	400	400
70	80	w	400	400	350	350	300	300	250	250	200	200	
		m	550	550	500	500	450	400	400	400	400	350	250
		n	1200	1250	1300	1300	900	500	550	600	600	600	400
60	60	w	450	450	450	350	300	300	250	250	200	200	
		m	600	600	600	500	450	400	400	400	400	350	250
		n	1250	1300	1350	1250	900	500	550	600	600	600	400
40	40	w	550	550	450	350	300	300	250	250	200	200	
		m	700	700	600	500	450	400	400	400	400	350	250
		n	1250	1250	1250	1250	900	500	550	600	600	600	400
20	20	w	600	550	450	350	300	300	250	250	200	200	
		m	700	700	600	500	450	400	400	400	400	350	250
		n	1250	1250	1250	1250	900	500	550	600	600	600	400
↑	↑												
	> 165	→	20	40	60	80	90	100	120	140	160	180	
	≤ 165	→	20	40	60	70	80	90	100	120	140	160	
Körpergröße [cm]			Griff-Ausgangshöhe [cm]										

Tabelle 54:
Gewichtungsfaktor k_A in Abhängigkeit
von Alter und Geschlecht (REFA, 1987)

Alter	Männer	Frauen
15 - 18	0,70	0,50
19 - 35	1,00	0,60
36 - 45	0,95	0,55
46 - 55	0,85	0,50
> 55	0,80	0,40

k_B :

Dieser Faktor berücksichtigt die als Trainiertheit bezeichnete körperliche Verfassung der Arbeitsperson und zeigt, an welche Belastungen diese gewöhnt ist.

stark trainiert: 1,25
mittel trainiert: 1,00
schwach trainiert: 0,75

k_C :

Werden z.B. große Lasten zu zweit gehoben, so verringert sich die Maximalkraft des einzelnen, da Körperstabilität und Koordinationschwierigkeiten beim Kraftaufbau einen negativen Einfluß besitzen.

Handhaben alleine: 1,00
Handhaben zu zweit: 0,85

k_D :

Beim Faktor k_D wird berücksichtigt, ob eine Last einhändig oder beidhändig gehoben wird. Bei der Festlegung dieses

Faktors wurde beachtet, daß beim einhändigen Heben mit günstigen Greifbedingungen größere Lasten pro Hand gehoben werden können als beim beidhändigen Heben.

einhändiges Heben: 0,60
beidhändiges Heben: 1,00

Die so ermittelte individuelle Maximalkraft F_i dient als Grundlage für die in der zweiten Stufe zu berechnende Grenzlast G . Hierbei wird die individuelle Maximalkraft mit weiteren Faktoren multipliziert, die abhängig von der Häufigkeit der auszuführenden Lastenhandhabung, der mitbewegten Rumpfmasse und von zusätzlich ausgeübten Nebentätigkeiten ist. Des weiteren wird der Faktor 0,1 zur Umrechnung von Kraft- in Massewerte verwendet, wobei zur einfacheren Handhabung eine auf 10 m/s^2 gerundete Erdbeschleunigung g zugrunde gelegt wird.

$$G [\text{kg}] = F_i \cdot 0,1 \cdot k_H \cdot k_R \cdot k_S$$

Hierbei haben die Faktoren k_H , k_R und k_S folgende Bedeutungen und Zahlenwerte:

k_H :

In diesem Faktor wird die innerhalb eines Beurteilungszeitraums auftretende Häufigkeit von Kraftanstrengungen berücksichtigt. Hierbei ist der Beurteilungszeitraum eine Zeitspanne mit regelmäßig

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

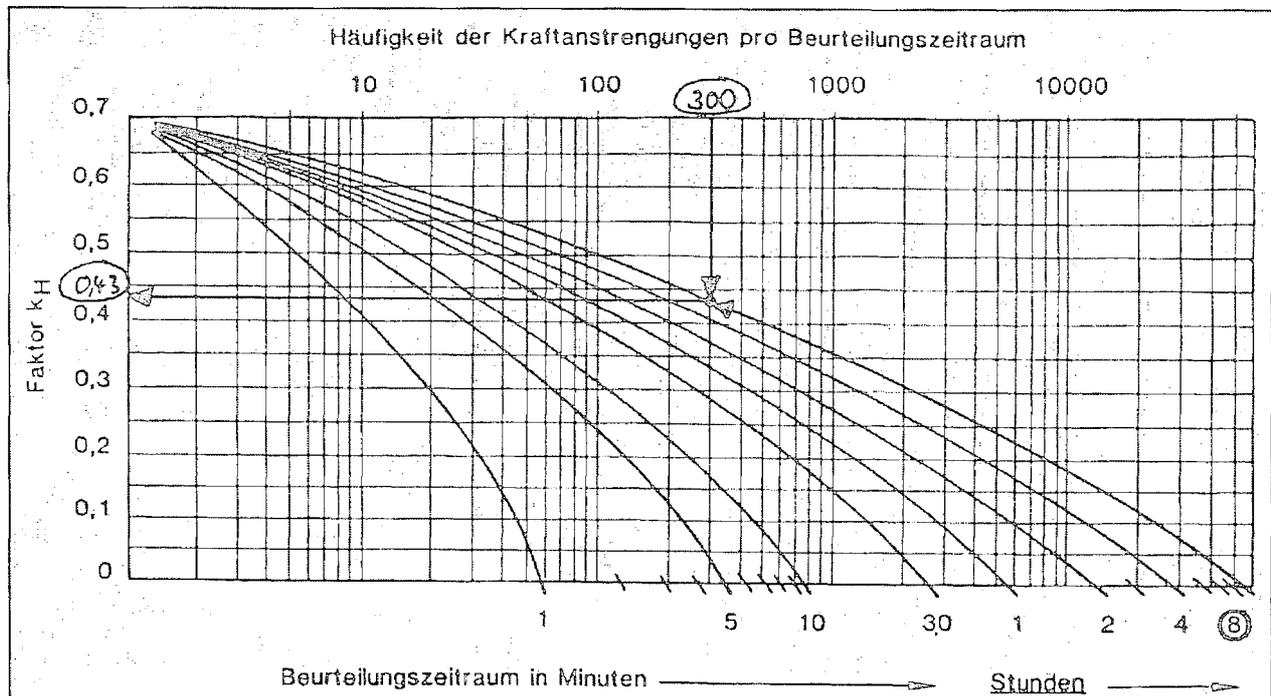
auftretenden Arbeitszyklen, in denen Lasten gehandhabt werden. Wartezeiten und Tätigkeitszeiten für Nebentätigkeiten mit geringer Muskelbelastung sind im Beurteilungszeitraum enthalten. Bei der Analyse der Tätigkeiten empfiehlt es sich, möglichst lange Beurteilungszeiträume zu wählen, um so Belastungen, die über den Arbeitstag verteilt anfallen, besser berücksichtigen zu können. Des Weiteren ist zu beachten, daß als Kraftanstrengung das ununterbrochene Heben oder Senken von Lasten angesehen wird. Demnach ist das Heben

eines Gegenstandes über ein Hindernis als eine Kraftanstrengung zu analysieren; die Weglänge bleibt dabei unberücksichtigt. Für den Fall, daß eine Last nach dem Anheben abgestützt transportiert und am Ende der Transportstrecke wieder abgesenkt wird, werden sowohl das Anheben der Last als auch das Absenken der Last als je eine Kraftanstrengung bewertet.

Die Zahlenwerte des Faktors k_H und ein Ablesebeispiel können aus dem Nomogramm in Abbildung 52 abgelesen werden.

Abbildung 52:

Nomogramm und Ablesebeispiel zur Ermittlung des Faktors für die Häufigkeit der Kraftanstrengung k_H (REFA, 1987)



den. Der Faktor k_H kann maximal den Wert 0,7 annehmen. Dies bedeutet, daß die aufzubringende Kraft zum Heben dieser Grenzlast nicht größer als 70 % der individuellen Maximalkraft F_i werden kann. Eine Grenzlast, bei deren Anheben 70 % der individuellen Maximalkraft erforderlich sind, sollte jedoch nur von Personen ausgeführt werden, die über ausreichende Übung beim Handhaben von Lasten verfügen. Ist diese Voraussetzung nicht gegeben, sollte die Grenzlast soweit reduziert werden, daß beim Heben keine größere Kraft als 55 % der individuellen Maximalkraft erforderlich ist.

k_R :

Treten bei der Manipulation von Lasten Griffhöhen auf, die geringer als 70 cm sind und werden die darauf zurückzuführenden Rumpfbewegungen innerhalb einer Zeitspanne von fünf Minuten häufiger als einmal ausgeführt, so ist der Faktor für das mitbewegte Rumpfgewicht k_R zu berücksichtigen. Dabei wird jedes Beugen und Aufrichten des Rumpfes mit Last als je eine Rumpfbewegung angesehen, so daß z.B. ein Heben über ein Hindernis mit je einem Beuge- und Aufrichtvorgang als zwei Rumpfbewegungen gewertet wird. Bei wechselnden Griffhöhen bei der Aufnahme und bei der Abgabe der Last werden jeweils die höchsten und die niedrigsten Griffhöhen

bestimmt und gemittelt. Das in Abbildung 53 (siehe Seite 170) dargestellte Nomogramm berücksichtigt die erforderlichen Griffhöhen, die Bewegungshäufigkeit und enthält zur besseren Verständlichkeit ein Ablesebeispiel zur Bestimmung des Faktors k_R .

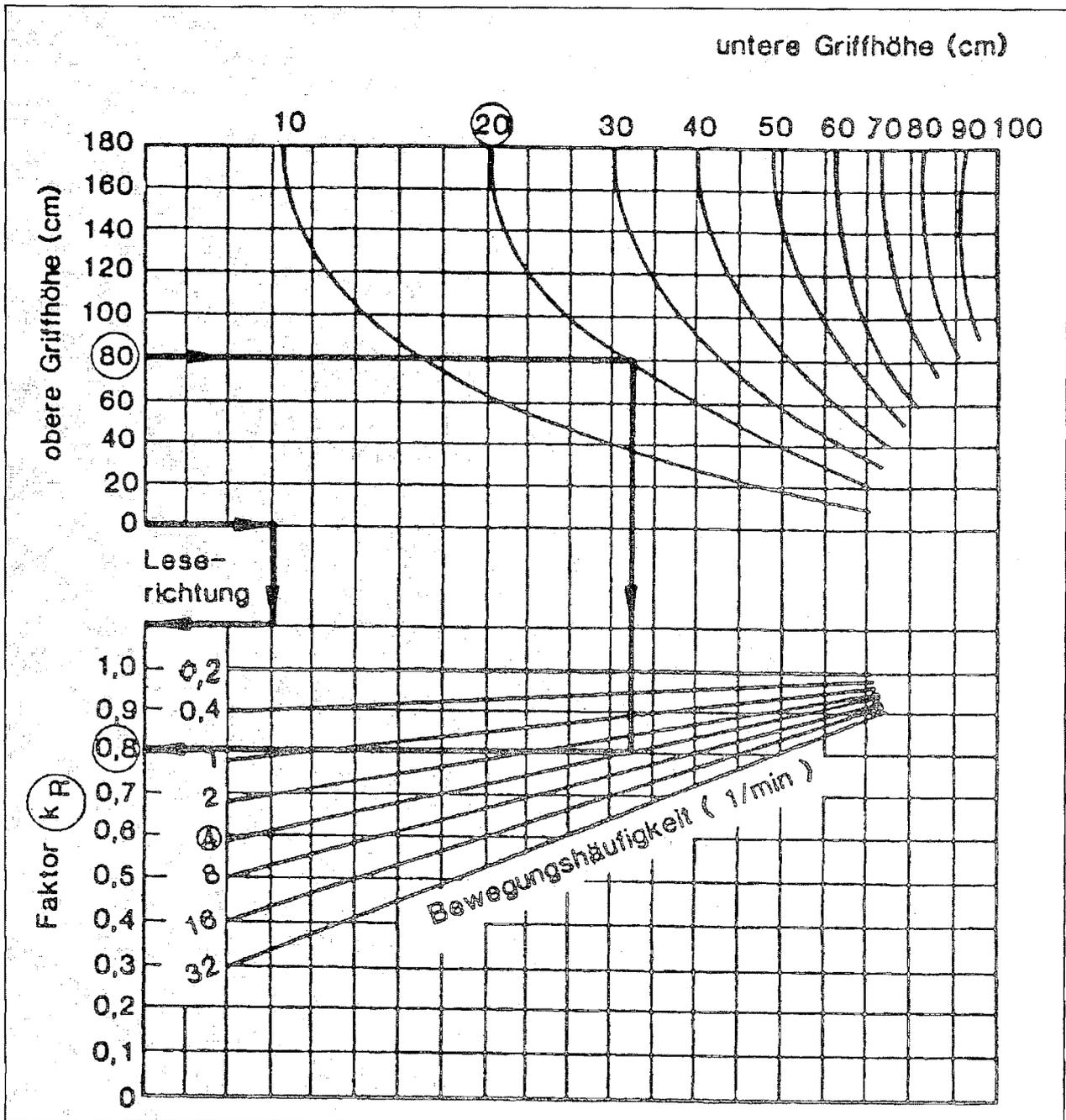
k_S :

Der Faktor für schwere Nebenarbeiten k_S wird dann eingesetzt, wenn es bei der Ausführung von Nebentätigkeiten zu zusätzlichen Belastungen der Muskelgruppen kommt, die auch bei der Haupttätigkeit des Handhabens der zu analysierenden Lasten eingesetzt werden müssen. Dieser Faktor beträgt 0,8.

Als rechnergestütztes Verfahren ist das REFA-Verfahren in dem wissensbasierten System ErgonEXPERT (siehe Abschnitt 8.8) sowie in dem CAD-Man-Model-System ANTHROPOS (Layer und Lippmann, 1993), einer Weiterentwicklung des Systems ANYBODY (Lippmann, 1988; Lippmann, 1990) implementiert. Die Einschränkungen, die dabei an die Anwendung des REFA-Verfahrens gemacht werden, gelten auch bei der Verwendung dieses Moduls zur Analyse von Hebetätigkeiten. Bei der Anwendung von ANTHROPOS werden die für die Berechnung erforderlichen Daten wie beispielsweise die Position der Last zu Beginn oder am Ende der Tätigkeit über

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 53:
 Nomogramm und Ablesebeispiel zur Ermittlung des Faktors für das mitbewegte Rumpfgewicht k_R
 (REFA, 1987)

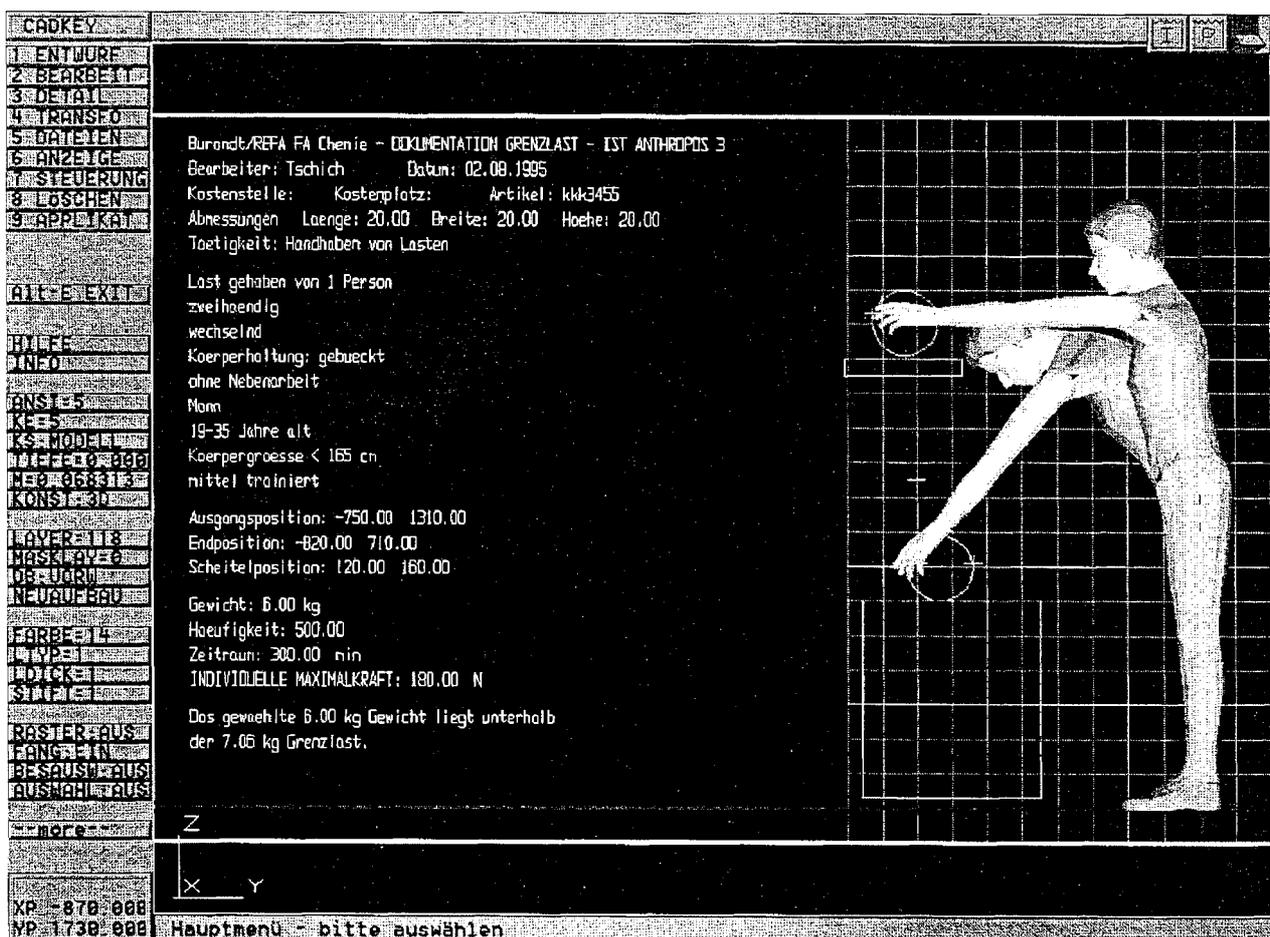


Maussteuerung eingegeben. Die weiteren Daten können über Tastatur in eine Bildschirmmaske eingegeben werden (siehe Abbildung 54). Der Inhalt der Bildschirmmaske kann am Ende der Analyse als Protokoll ausgegeben werden.

8.7.6 Tafelwerte und Korrekturfaktoren von Mital et al.

Von Mital et al. wurde 1993 eine Datenbank für maximale Traglasten beim zweihändigen symmetrischen Heben symmetrischer Lasten und einer Tätig-

Abbildung 54:
ANTHROPOS — Modul zur individuellen Grenzlastermittlung;
Protokollausdruck mit Bewegungsphasen



8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

keitsdauer von acht Stunden in Abhängigkeit der Hubfrequenz, der Hubhöhe, des Geschlechts und der Lastgröße veröffentlicht. Diese Grenzlasten sind für verschiedene Prozentanteile der in der Industrie beschäftigten Bevölkerung angegeben (siehe Tabellen 55 bis 57 auf Seite 173 ff.). Ähnlich dem NIOSH-Verfahren von 1991 (siehe Abschnitt 8.7.2) lagen der Entwicklung der Lastgrenzen folgende vier Beurteilungskriterien zugrunde (Mital et al., 1993):

- das psychophysikalische Kriterium,
- das biomechanische Kriterium,
- das epidemiologische Kriterium und
- das physiologische Kriterium.

Das psychophysikalische Kriterium wurde hierbei als Grundlage für die Bestimmung der Lastgrenzen verwendet (psychophysikalische Methode siehe Abschnitte 6.4.4 und 7.4). Die auf diese Weise ermittelten Lastgrenzen wurden dann einer Kontrolle durch die anderen Gestaltungskriterien unterzogen.

Als Begrenzung aufgrund des biomechanischen Kriteriums wurde angenommen, daß eine maximale Druckkraft auf die Lendenwirbelsäule von 3930 N bei Männern und 2689 N bei Frauen nicht überschritten werden sollte. Diese Kräfte entsprechen nach Mital et al. (1993) bei idealen Hebebedingungen einer Last von etwa 27 kg bzw. 20 kg. Die durch die-

ses Kriterium eingeschränkten Lasten sind in den Tabellen 55 bis 57 sowie in Tabelle 67 (siehe Seite 181) durch kursiv geschriebene Werte kenntlich gemacht.

Das epidemiologische Kriterium gilt als erfüllt, wenn der von Ayoub und Mital (1989) beschriebene Job Severity Index (JSI) einen Wert von 1,5 nicht überschreitet. (Auf die Beschreibung des JSI wird hier verzichtet.) Nach Angaben von Mital et al. (1993) ist diese Bedingung eingehalten, wenn das biomechanische Kriterium erfüllt ist.

Beim physiologischen Kriterium wurde eine Dauerleistungsgrenze auf Basis des Arbeitsenergieumsatzes von etwa 16,7 kJ/min (im Original 4 kcal/min) für Männer und etwa 12,6 kJ/min (im Original 3 kcal/min) für Frauen bei einer Arbeitsdauer von acht Stunden zugrunde gelegt. Werte, die durch dieses Kriterium eingeschränkt wurden, sind in den Tabellen in Fettschrift gedruckt. Die in den Tabellen 55 bis 57 angegebenen Werte beziehen sich auf „normale“ Arbeits- und Umgebungsbedingungen. Zusätzlich werden von den Autoren einschränkende Faktoren angegeben, die bei Abweichungen von normalen Bedingungen berücksichtigt werden müssen. Für folgende Arbeitsbedingungen werden solche Faktoren in tabellarischer Form (Tabellen 58 bis 64) gegeben:

- Arbeitsdauer (Normalbedingung: acht Stunden)
- Greifbedingungen (Normalbedingung: gute Greifmöglichkeit)
- Kopffreiheit (Normalbedingung: keine Einschränkung)
- Bedingungen bei der Lastabgabe (Normalbedingung: keine Einschränkungen)
- asymmetrisches Heben (Normalbedingung: symmetrisches Heben)
- Hitzebelastung (Normalbedingung: kein Einfluß durch Umgebungsbedingungen)
- asymmetrische Last (Normalbedingung: symmetrische Last)

Tabelle 55:
Empfohlene Grenzlasten in kg für Männer und Frauen
beim beidhändigen symmetrischen Heben vom Boden (Mital et al., 1993)

Hubweg [cm]	Lasttiefe [cm]	Anteil*)	empfohlene Grenzlast [kg] für Männer/Frauen beidhändiges symmetrisches Heben vom Boden Hubfrequenz (Hübe/Minuten)							
			1/480	1/30	1/5	1/1	4/1	8/1	12/1	16/1
80	75	90	17 / 12	14 / 9	14 / 8	11 / 7	9 / 7	7 / 6	6 / 5	4,5/ 4
		75	24 / 14	21 / 11	20 / 10	16 / 9	13 / 9	10,5 / 8	9 / 7	7 / 6
		50	27 / 17	27 / 13	27 / 12	22 / 11	17 / 10	14 / 9	12 / 8	9,5/ 7
		25	27 / 20	27 / 15	27 / 14	27 / 13	21 / 12	17,5 / 11	15 / 9	12 / 7
		10	27 / 20	27 / 17	27 / 16	27 / 14	25 / 14	20,5 / 13	18 / 11	14,5/ 9
	49	90	20 / 13	17 / 9	16 / 8	13 / 8	10 / 8	7 / 7	7 / 6	6,5/ 5
		75	27 / 16	24 / 12	24 / 10	19 / 10	14 / 9	10 / 8	10 / 7	9 / 6
		50	27 / 19	27 / 14	27 / 13	26 / 12	19 / 11	15 / 10	12,5 / 9	10 / 8
		25	27 / 20	27 / 17	27 / 15	27 / 14	24 / 13	18,5 / 11	15 / 10	12 / 8
		10	27 / 20	27 / 19	27 / 17	27 / 15	27 / 15	22 / 13	17,5 / 11	15 / 9
	34	90	23 / 15	19 / 11	19 / 10	15 / 9	11 / 9	7 / 8	7 / 7	6,5/ 6
		75	27 / 19	27 / 14	27 / 13	22 / 12	17 / 11	10 / 9	10 / 8	9,5/ 7
		50	27 / 20	27 / 17	27 / 16	27 / 14	22 / 13	15 / 11	14 / 10	12 / 8
		25	27 / 20	27 / 20	27 / 18	27 / 17	27 / 15	20 / 13	17 / 12	14 / 10
		10	27 / 20	27 / 20	27 / 20	27 / 19	27 / 18	25 / 15	21 / 13	15 / 11

*) = Prozentualer Anteil der in der Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Kursivschrift = Begrenzung durch biomechanisches Kriterium
 Fettschrift = Begrenzung durch physiologisches Kriterium

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 55:
(Fortsetzung)

Hubweg [cm]	Lasttiefe [cm]	An-teil*)	empfohlene Grenzlast [kg] für Männer/Frauen beidhändiges symmetrisches Heben vom Boden Hubfrequenz (Hübe/Minuten)							
			1/480	1/30	1/5	1/1	4/1	8/1	12/1	16/1
132	75	90	15 /10	13 / 7,5	13 / 6,5	10 / 6	8 / 6	6 / 5	6 / 4	4 / 3
		75	22 /12	20 / 9	19 / 8	14,5/ 7,5	12 / 7,5	10 / 6,5	9 / 6	7 / 5
		50	27 /14	25 /11	24 /10	20 / 9	15 / 8	13 / 7,5	11 / 6,5	9 / 6
		25	27 /17	27 /12,5	27 /11,5	24,5/11	18 /10	15 / 9	12 / 7,5	11 / 6,5
		10	27 /19	27 /14	27 /13	27 /11,5	22 /11,5	19 /11	16 / 9	13 / 8
	49	90	18 /11	16 / 7,5	15 / 6,5	12,5/ 6,5	9 / 6,5	6 / 6	6 / 5	5 / 4
		75	27 /13	22,5/10	22,5/ 8	18 / 8	14 / 7,5	10 / 6,5	9 / 6	8 / 5
		50	27 /16	27 /11,5	27 /11	24 /10	18 / 9	14 / 8	12 / 7,5	10 / 6,5
		25	27 /17	27 /14	27 /12,5	27 /11,5	22 /11	18 / 9,5	14 / 8	11 / 7
		10	27 /19	27 /16	27 /14	27 /12,5	27 /12,5	21 /11	17 / 9	14 / 7,5
	34	90	22 /12,5	18 / 9	18 / 8	14 / 7,5	11 / 7,5	6 / 6,5	6 / 6	5 / 5
		75	27 /16	26 /11,5	25 /11	21 /10	16 / 9	10 / 8	9 / 6,5	8 / 5,5
		50	27 /19	27 /14	27 /13	27 /11,5	22 /11	14 / 9,5	12 / 8	10 / 7
		25	27 /20	27 /17	27 /15	27 /14	27 /12,5	20 /11	14 /10	11 / 9
		10	27 /20	27 /19	27 /17	27 /16	27 /15	21 /13	17 /11	14 / 9
183	75	90	15 / 9	12 / 6	12 / 6	9,5/ 5	8 / 5	6 / 4,5	5 / 4	3 / 3
		75	21 /11	18 / 8	17 / 7	14 / 7	11 / 7	9 / 6	8 / 5	6 / 4,5
		50	27 /12,5	24 /10	23 / 9	19 / 8	15 / 7	12 / 7	10 / 6	8 / 5,5
		25	27 /15	27 /11	27 /10	24 /10	18 / 9	14 / 8	12 / 7	9 / 6
		10	27 /17	27 /12,5	27 /12	27 /10	22 /10	18 /10	15 / 8	12 / 7
	49	90	17 /10	15 / 7	14 / 6	11 / 6	9 / 6	6 / 5,5	6 / 4,5	4 / 3,5
		75	24 /12	21 / 9	21 / 7	16 / 7	12 / 7	9 / 6	9 / 5	7 / 4,5
		50	27 /14	27 /10	27 /10	22 / 9	16 / 8	14 / 7	12 / 7	10 / 6
		25	27 /15	27 /12	27 /11	27 /10	20 /10	17 / 8,5	14 / 7	11 / 6,5
		10	27 /17	27 /14	27 /12	27 /11	23 /11	20 /10	17 / 8	14 / 7
	34	90	20 /11	16 / 8	16 / 7	13 / 7	9 / 7	6 / 6	6 / 5	4 / 4,5
		75	27 /14	24 /10	24 /10	19 / 9	15 / 8	9 / 7	9 / 6	7 / 5
		50	27 /17	27 /12	27 /12	26 /10	19 /10	14 / 8,5	12 / 7	10 / 6
		25	27 /20	27 /15	27 /13,5	27 /12	23 /11	20 /10	14 / 9	11 / 8
		10	27 /20	27 /17	27 /15	27 /14	27 /13,5	24 /12	17 /10	14 / 8

*) = Prozentualer Anteil der in der Industrie beschäftigten Bevölkerung
 Kursivschrift = Begrenzung durch biomechanisches Kriterium
 Fettschrift = Begrenzung durch physiologisches Kriterium

Tabelle 56:

Empfohlene Grenzlasten in kg für Männer und Frauen
beim beidhändigen symmetrischen Heben von 80 cm Höhe (Mital et al., 1993)

Hubweg [cm]	Lasttiefe [cm]	An- teil*)	empfohlene Grenzlast [kg] für Männer/Frauen beidhändiges symmetrisches Heben von 80 cm Höhe Hubfrequenz (Hübe/Minuten)							
			1/480	1/30	1/5	1/1	4/1	8/1	12/1	16/1
52	75	90	19 /13	18 /11	16 /10	15 / 9	13 / 8	7 / 6	6 / 6	5 / 5
		75	25 /15	23 /13	21 /12	20 /11	17 / 9	8 / 7	8 / 7	7 / 6
		50	27 /17	27 /15	26 /14	25 /13	21 /11	12 / 9	11 / 9	9 / 8
		25	27 /20	27 /17	27 /16	27 /14	26 /12	17 /11	13 /10	12 / 9
		10	27 /20	27 /19	27 /17	27 /16	27 /14	23 /12,5	20 /11	16 / 9,5
	49	90	19 /13	18 /11	16 /10	15 / 9	13 / 8	7 / 6	6 / 6	5 / 5
		75	25 /15	23 /13	21 /12	20 /11	17 / 9	8 / 7	8 / 7	7 / 6
		50	27 /17	27 /15	26 /14	25 /13	21 /11	12 / 9	11 / 9	9 / 8
		25	27 /20	27 /17	27 /16	27 /14	26 /12	17 /11	13 /10	12 / 9
		10	27 /20	27 /19	27 /17	27 /16	27 /14	23 /12,5	20 /11	16 / 9,5
	34	90	22 /14	20 /12	18 /11	17 /10	14 / 9	7 / 7	6 / 6,5	5 / 6,5
		75	27 /17	26 /14	23 /13	22 /12	18 /11	8 / 8,5	8 / 8,5	7 / 8
		50	27 /19	27 /17	27 /15	27 /14	23 /13	12 /11	11 /10	9 / 8,5
		25	27 /20	27 /19	27 /17	27 /16	27 /14	17 /13,5	13 /11,5	12 /11
		10	27 /20	27 /20	27 /19	27 /18	27 /16	24 /14,5	21 /13	16 /11,5
103	75	90	16 /11	15 / 9,5	13 / 9	12 / 8	11 / 7	7 / 5	6 / 5	5 / 4,5
		75	22 /13	20 /11	18 /10,5	17 / 9,5	15 / 8	8 / 6	8 / 6	6 / 5
		50	27 /15	25 /13	23 /12	21 /11	19 /10	12 / 8	11 / 8	8 / 7
		25	27 /17,5	27 /15	27 /14	26 /12	23 /10,5	17 /10	13 / 9	11 / 8
		10	27 /19	27 /17	27 /15	27 /14	27 /12	22 /11	18 /10	13 / 8
	49	90	16 /11	15 / 9,5	13 / 9	12 / 8	11 / 7	7 / 5	6 / 5	5 / 4,5
		75	22 /13	20 /11	18 /10,5	17 / 9,5	15 / 8	8 / 6	8 / 6	6 / 5
		50	27 /15	25 /13	23 /12	21 /11	19 /10	12 / 8	11 / 8	8 / 7
		25	27 /17,5	27 /15	27 /14	26 /12	23 /10,5	17 /10	13 / 9	11 / 8
		10	27 /19	27 /17	27 /15	27 /14	27 /12	22 /11	18 /10	13 / 8
	34	90	18 /12	17 /10,5	15 /10	14 / 9	12 / 8	7 / 6	6 / 6	5 / 6
		75	24 /15	22 /12	20 /11	19 /10,5	16 /10	8 / 7,5	8 / 7,5	7 / 7
		50	27 /17	27 /15	25 /13	24 /12	20 /11	12 /10	11 / 9	9 / 7,5
		25	27 /19	27 /17	27 /15	27 /14	24 /12	20 /11	16 /10	12 /10
		10	27 /20	27 /19	27 /17	27 /16	27 /14	22 /13	18 /11	13 /10

*) = Prozentualer Anteil der in der Industrie beschäftigten Bevölkerung

Kursivschrift = Begrenzung durch biomechanisches Kriterium

Fettschrift = Begrenzung durch physiologisches Kriterium

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 57:

Empfohlene Grenzlasten in kg für Männer und Frauen beim beidhändigen symmetrischen Heben von 132 cm Höhe (Mital et al., 1993)

Hubweg [cm]	Lasttiefe [cm]	An-teil* ^{*)}	empfohlene Grenzlast [kg] für Männer/Frauen beidhändiges symmetrisches Heben von 132 cm Höhe Hubfrequenz (Hübe/Minuten)							
			1/480	1/30	1/5	1/1	4/1	8/1	12/1	16/1
51	75	90	15/ 9	14/ 8	12/ 7	12/ 7	9/ 7	7/ 5	6/ 4	4/ 3
		75	20/11	18/ 9	15/ 9	15/ 8	12/ 8	9/ 6	8/ 5	6/ 4
		50	25/13	23/11	20/10	19/ 9	16/ 9	12/ 8	10/ 7	7/ 6
		25	27/14	27/12	25/11	23/10	19/10	15/ 9	12/ 8	10/ 7
		10	27/16	27/14	27/13	27/12	22/11	17/10	13/ 9	12/ 8
	49	90	18/10	16/ 9	14/ 8	14/ 7	11/ 7	7/ 5	7/ 4	5/ 3
		75	23/12	21/10	19/ 9	18/ 9	14/ 8	9/ 6	8/ 5	6/ 4
		50	27/14	27/12	24/11	23/10	18/ 9	12/ 8	10/ 7	9/ 6
		25	27/15	27/13	27/12	27/11	21/10	15/ 9	12/ 8	10/ 7
		10	27/17	27/15	27/14	27/13	25/11	17/10	13/ 9	11/ 8
	34	90	20/12	18/11	17/10	16/ 9	13/ 8	7/ 6	6/ 6	5/ 6
		75	26/14	24/12	22/11	21/11	17/ 9	9/ 7	8/ 7	8/ 7
		50	27/17	27/14	27/13	26/12	21/11	12/ 9	11/ 9	10/ 8
		25	27/19	27/16	27/15	27/14	25/12	15/11	14/10	13/ 9
		10	27/20	27/18	27/16	27/15	27/14	17/12	16/11	15/ 9,5

^{)} = Prozentualer Anteil der in der Industrie beschäftigten Bevölkerung

Kursivschrift = Begrenzung durch biomechanisches Kriterium

Fettschrift = Begrenzung durch physiologisches Kriterium

Wie bereits erwähnt, sind die in den Tabellen angegebenen Grenzlasten für eine Arbeitsdauer von acht Stunden ausgelegt. Wird eine Tätigkeit jedoch über eine geringere Dauer ausgeübt, so darf der Energieumsatz über der Acht-Stunden-Dauerleistungsgrenze liegen und es dürfen somit größere Lasten gehoben werden. Hingegen muß bei Tätigkeiten, die eine Ausführungsdauer von acht

Stunden überschreiten, die Lastgrenze herabgesetzt werden. Diese Korrekturfaktoren sind in Tabelle 58 dargestellt. Bei der Umrechnung der Acht-Stunden-Grenzlasten auf geringere Arbeitsdauern ist jedoch zu beachten, daß die durch das biomechanische Kriterium gegebene Lastgrenze von 27 kg bei Männern und 20 kg bei Frauen nicht überschritten werden darf.

Tabelle 58:

Multiplikator für die Tätigkeitsdauer (dazwischenliegende Werte können durch Interpolation bestimmt werden) (Mital et al., 1993)

Geschlecht	Tätigkeitsdauer [h]			
	1	4	8	12
männlich	1,238	1,136	1,000	0,864
weiblich	1,140	1,080	1,000	0,920

Müssen Hebe- und Tragetätigkeiten bei eingeschränkter Kopffreiheit ausgeführt werden, so ist hierfür ein Multiplikator

(Tabelle 59) zu beachten, der die in den Tabellen aufgelisteten Grenzlasten herabsetzt.

Tabelle 59:

Multiplikator für eingeschränkte Kopffreiheit (dazwischenliegende Werte können durch Interpolation bestimmt werden) (Mital et al., 1993)

Haltung	vollständig aufgerichtet	95 % aufgerichtet	90 % aufgerichtet	85 % aufgerichtet	80 % aufgerichtet
Multiplikator	1,00	0,60	0,40	0,38	0,36

Sollte bei einer Lastenmanipulation eine Körperdrehung erforderlich sein, so ist ein weiterer einschränkender Multiplikator, der Multiplikator für asymmetrische Hebebewegungen (Tabelle 60, siehe Seite 178), zu beachten. Bei der Festlegung der Fak-

toren bis 90° wurde davon ausgegangen, daß die Drehung des Oberkörpers ohne Bewegung der Füße erfolgt. Zur Minimierung der Wirbelsäulenbelastung wird jedoch empfohlen, die Füße bei jeder Körperdrehung nachzuführen.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 60:
Multiplikator für asymmetrische Hebebewegungen (dazwischenliegende Werte können durch Interpolation bestimmt werden; ^a ohne Fußbewegung; ^b mit Fußbewegung) (Mital et al., 1993)

Verdrehwinkel	Multiplikator
0° - 30°	1,000
30° - 60°	0,924 ^a
60° - 90°	0,848 ^a
> 90°	0,800 ^b

Werte für einen Multiplikator für asymmetrische Lasten (Lasten, deren Schwerpunkt aus der Sagittalebene verschoben ist) sind in Tabelle 61 gegeben. Ausschlaggebend für die Höhe dieses Multiplikators ist die seitliche Verschiebung des Lastschwerpunktes aus der Sagittalebene.

Tabelle 61:
Multiplikator für asymmetrische Lasten (seitliche Schwerpunktverschiebung aus der Sagittalebene) (dazwischenliegende Werte können durch Interpolation bestimmt werden) (Mital et al., 1993)

Last-Asymmetrie [cm]	Multiplikator
0	1,00
10	0,96
20	0,89
30	0,84

Lasten, an denen Griffe vorgesehen sind, sind in der Regel besser zu handhaben als Lasten ohne Griffe. In Abhängigkeit von den Kopplungsbedingungen zwischen Hand und Last werden die empfohlenen Lastgrenzen durch einen Multiplikator für Kopplungsbedingungen (Tabelle 62) bis zu 15 % reduziert.

Tabelle 62:
Multiplikator für Kopplungsbedingungen zwischen Händen und zu hebendem Gegenstand (Mital et al., 1993)

Kopplungsbedingungen	Multiplikator
gut gestaltete Griffe/ fester Halt bei Hebetätigkeit	1,000
schlecht gestaltete Griffe/ eingeschränkter oder schlüpfriger Halt	0,925
keine Griffe/schlechter Halt bei Hebetätigkeit	0,850

Häufig müssen Lasten an beengten Stellen abgelegt werden (beispielsweise enge Regale). Das Ablegen der Last erfordert dabei in der Regel eine erhöhte Aufmerksamkeit und Vorsicht. Oft wird durch diese vorsichtige Ausführung der Bewegung die statische Haltedauer der Last erhöht und damit die Leistungsfähigkeit zur Lastenmanipulation gemindert.

Durch den in Tabelle 63 gegebenen Multiplikator für den seitlichen freien Abstand bei der Lastabgabe werden die Lastgrenzen reduziert.

Tabelle 63:
Multiplikator für seitliche Einschränkung bei der Lastabgabe (dazwischenliegende Werte können durch Interpolation bestimmt werden) (Mital et al., 1993)

seitlicher freier Abstand bei der Lastabgabe [mm]	Multiplikator
über 30	1,00
15	0,91
3	0,87

Die in den Tabellen 55 bis 57 gegebenen empfohlenen Grenzlasten wurden unter „normalen“ klimatischen Bedingungen ermittelt. Werden die Tätigkeiten jedoch unter Hitzebelastung ausgeführt, wird die Leistungsfähigkeit herabgesetzt. Dies wird durch den Multiplikator für Belastung durch Hitze (Tabelle 64) berücksichtigt.

Tabelle 64:
Multiplikator für Belastung durch Hitze (dazwischenliegende Werte können durch Interpolation bestimmt werden) (Mital et al., 1993)

Belastung durch Hitze (Globe-temperatur in °C)	Multiplikator
bis 27	1,00
32	0,88

Neben den Grenzlasten für das beidhändige Heben von Lasten geben Mital et al. (1993) auch Grenzwerte für das einhändige horizontale Umsetzen von Lasten in der Sagittalebene von einem körpernahen Punkt zu einem Punkt in der angegebenen Reichweite (Tabellen 65 und 66, siehe Seite 180) sowie für das beidhändige (Tabelle 67, siehe Seite 181) und das einhändige Tragen von Lasten (Tabelle 68, siehe Seite 182). Außerdem finden sich bei Mital et al. noch Tabellen für das Schieben und Ziehen von Lasten, auf deren Darstellung an dieser Stelle verzichtet wird.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 65:

Maximale Hubfrequenzen für einhändiges Umsetzen von Lasten in der Sagittalebene im Sitzen und im Stehen für Männer, maximale Arbeitsdauer zwei Stunden (Mital et al., 1993)

Haltung	Reichweite [cm]	Last [kg]	maximale Hubfrequenz für einhändiges Heben [1/min]				
			Anteil von in der Industrie beschäftigten Männer				
			90	75	50	25	10
sitzend	38,1	2,27	6	11	15	18	24
		4,54	6	8	10	12	14
		6,81	5	6	7	8	8
	63,5	2,27	6	10	14	18	22
		4,54	6	8	10	12	14
		6,81	5	6	7	8	8
stehend	38,1	2,27	7	11	15	20	23
		4,54	7	9	11	13	14
		6,81	5	6	7	8	9
	63,5	2,27	6	10	13	16	21
		4,54	6	10	13	16	21
		6,81	5	6	7	7	8

Tabelle 66:

Maximale Hubfrequenzen für einhändiges Umsetzen von Lasten in der Sagittalebene im Sitzen und im Stehen für Frauen, maximale Arbeitsdauer zwei Stunden (Mital et al., 1993)

Haltung	Reichweite [cm]	Last [kg]	maximale Hubfrequenz für einhändiges Heben [1/min]				
			Anteil von in der Industrie beschäftigten Frauen				
			90	75	50	25	10
sitzend	38,1	2,27	8	9	10	12	13
		4,54	7	7	7	8	8
		6,81	7	7	8	8	9
	63,5	2,27	7	7	8	8	9
		4,54	4	5	5	5	6
		6,81	4	4	5	5	6
stehend	38,1	2,27	8	9	10	11	11
		4,54	5	5	6	7	8
		6,81	5	5	6	7	8
	65,5	2,27	7	8	8	10	11
		4,54	4	5	5	7	8
		6,81	4	4	5	7	8

Tabelle 67:

Empfohlene Grenzlasten in kg für Männer und Frauen für beidhändiges Tragen symmetrischer Lasten (Mital et al., 1993)

Trage- distanz [m]	Höhe [cm]	Anteil*)	empfohlene Grenzlasten [kg] für Männer/Frauen						
			beidhändiges Tragen von Lasten						
			Tragefrequenz (Vorgänge/Minuten):						
			10/1	6/1	5/1	3,3/1	1/1	1/5	1/480
2,1	111/105	90	10/11		14/12		17/13	19/13	25/18
		75	14/11		19/14		23/15	26/16	27/20
		50	15/13		25/15		27/18	27/20	27/20
		25	18/15		27/15		27/20	27/20	27/20
		10	21/16		27/17		27/20	27/20	27/20
	79/ 72	90	13/11		17/14		21/16	23/16	27/20
		75	18/13		23/15		27/18	27/19	27/20
		50	18/15		27/16		27/20	27/20	27/20
		25	22/17		27/19		27/20	27/20	27/20
		10	26/19		27/20		27/20	27/20	27/20
4,3	111/105	90		9/ 9		15/13	17/13	22/18	
		75		13/ 9		21/15	23/16	27/20	
		50		16/10		27/18	27/18	27/20	
		25		16/12		27/20	27/20	27/20	
		10		19/14		27/20	27/20	27/20	
	79/ 72	90		11/10		18/14	21/14	27/20	
		75		16/11		25/16	27/17	27/20	
		50		16/11		27/19	27/20	27/20	
		25		20/13		27/20	27/20	27/20	
		10		23/15		27/20	27/20	27/20	
8,5	111/105	90			10/10	13/12	15/12	20/16	
		75			13/10	18/14	20/14	27/19	
		50			17/12	23/16	26/16	27/20	
		25			17/13	27/18	27/19	27/20	
		10			19/15	27/20	27/20	27/20	
	79/ 72	90				13/10	17/14	20/14	26/19
		75				17/12	24/16	27/17	27/20
		50				17/14	27/19	27/20	27/20
		25				22/15	27/20	27/20	27/20
		10				25/17	27/20	27/20	27/20

*) = Prozentualer Anteil der in der Industrie beschäftigten Bevölkerung

Kursivschrift = Begrenzung durch biomechanisches Kriterium

Fettschrift = Begrenzung durch physiologisches Kriterium

Grenzlasten für dazwischenliegende Frequenzen können durch Interpolation ermittelt werden.

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 68:
Empfohlene Grenzlasten für Männer und Frauen beim einhändigen Tragen von Lasten
(Mital et al., 1993)

Tragedistanz [m]	empfohlene Grenzlasten [kg] für Männer/Frauen		
	einhändiges Tragen von Lasten		
	Anteil*)	Männer	Frauen
30,48	90	6,5	5,5
	75	8,5	7
	50	11	8
	25	13,5	9
	10	15,5	10,5
60,96	90	6	5,5
	75	8	6,5
	50	10	7,5
	25	12	8,5
	10	14	9,5
91,44	90	6	5
	75	7,5	6
	50	9	7
	25	10,5	8
	10	12	9

*) = Prozentualer Anteil der in der Industrie beschäftigten Bevölkerung
Grenzlasten für dazwischenliegende Tragedistanzen können durch Interpolation ermittelt werden.

8.7.7 ErgonLIFT

In der Abteilung Ergonomie des Instituts für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund wurde im Jahre 1993 damit begonnen, das rechnergestützte Verfahren ErgonLIFT zur Durchführung von Gefährdungsanalysen für Hebetätigkeiten zu entwickeln. Die erste Version des Rechnerprogramms ErgonLIFT (Ved-

der und Laurig, 1994 a und b) basierte dabei auf dem NIOSH-Verfahren von 1991 (Waters et al., 1993). Darüber hinaus enthielt das Verfahren einige Zusätze wie die Anpassung von Greifhöhen bei Männern und Frauen in Abhängigkeit der Körperhöhe und die Berücksichtigung geschlechts- und altersspezifischer Unterschiede bei der Wahl der Lastkonstante. Das damalige Ver-

fahren stand für Rechner der Reihe Apple Macintosh zur Verfügung. Inzwischen wurde eine komplette Überarbeitung des Systems ErgonLIFT vorgenommen. Die neue Fassung ist auf Personalrechnern unter WINDOWS lauffähig.

Mit dem überarbeiteten Rechnerprogramm ErgonLIFT (Laurig und Schiffmann, 1995; Schiffmann et al., 1995) können neben Hebevorgängen auch Tragetätigkeiten, die aus einer Kombination unterschiedlicher Arbeitsablaufabschnitte bestehen können, anhand sogenannter Belastungskennzahlen (BKZ) beurteilt werden. Dabei werden auch Tätigkeiten wie beispielsweise das Gehen ohne Last, das Halten einer Last oder das Stehen und Sitzen in die Analyse miteinbezogen.

Die Eingabe der für eine Analyse relevanten Daten erfolgt über Eingabemasken, die dem Benutzer vom Programm dargeboten werden. Zur Durchführung einer Gefährdungsanalyse werden zunächst arbeitsorganisatorische Daten (beispielsweise Arbeitsaufgabe oder Anzahl der Zyklen) und Personendaten wie das Geschlecht, das Alter, die Körperhöhe und das Körpergewicht in die dafür vorgesehenen Eingabemasken eingegeben (Beispiele siehe Abbildungen 55 und 56 auf Seite 184). Danach werden die einzelnen Ablaufabschnitte erstellt und die jeweiligen zur Analyse

erforderlichen Handhabungsdaten (beispielsweise Lastgewicht, Rumpfbeugewinkel, Hebe- oder Tragetechnik, Dauer des Abschnitts) beschrieben (Beispiel für das Anheben einer Last siehe Abbildung 57 auf Seite 185). Für jeden Ablaufabschnitt steht eine eigene Eingabemaske zur Verfügung; so daß die zur Beurteilung der Tätigkeit ermittelten Belastungskennzahlen den jeweiligen Abschnitten zugeordnet werden können.

Das System bietet weiterhin die Möglichkeit, normative Regelungen und vergleichbare Setzungen auszuwählen, die bei der Beurteilung der Tätigkeit berücksichtigt werden sollen. Dabei sind die im Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zur BK 2108 genannten Lastgrenzen (siehe Abschnitt 5.7, Tabelle 5) und die in der Empfehlung des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung (1981) genannten Grenzlaster (siehe Abschnitt 5.5, Tabelle 4) in jeder Analyse berücksichtigt. Vom Benutzer können zudem das Mutterschutzgesetz (Abschnitt 5.1), die Unfallverhütungsvorschrift Forsten (GUV 1.13, Abschnitt 5.2), die Unfallverhütungsvorschrift Müllbeseitigung (VBG 126, Abschnitt 5.3) und die Unfallverhütungsvorschrift Fleischereimaschinen (VBG 19, Abschnitt 5.4) zur Berücksichtigung in der Analyse ausgewählt werden. Nach der Eingabe aller relevanten Daten errechnet ErgonLIFT die Belastungskenn-

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 55:
Beispiel einer Eingabemaske
für arbeitsorganisatorische
Daten (Laurig und Schiffmann,
1995)

The screenshot shows a window titled "Arbeitsorganisatorische Daten...". It contains several input fields: "Analysenummer" with the value "L_12_E", "Arbeitsaufgabe" with "LKW beladen", and "Abteilung" with "Warenausgang". Below these are two fields: "Schichtdauer" with "480" and "min", and "Anzahl der Zyklen" with "10". At the bottom are two buttons: "<< zurück" and "weiter >>".

Abbildung 56:
Beispiel einer Eingabemaske
für Personendaten (Laurig und
Schiffmann, 1995)

The screenshot shows a window titled "Personendaten...". It contains several input fields: "Name oder Bezeichnung" with "Pk_43", "Geschlecht" with radio buttons for "männlich" and "weiblich", "Alter" with "40" and "Jahre", "Höhe" with "184" and "cm", and "Gewicht" with "70" and "kg". At the bottom are two buttons: "<< zurück" and "weiter >>".

Handhabungsdaten

Nr. Ablaufabschnitt	Stückgut anheben						
1 Stückgut anheben	Dauer <input type="text" value="4"/> s						
2 zum LKW tragen	mittlere Last <input type="text" value="15"/> kg						
3 Stückgut absetzen	maximale Last <input type="text" value="20"/> kg						
4 Rückweg	Hebetechnik 						
	Rumpfbeugewinkel <table border="1"> <tr> <th>Anfang</th> <th>Ende</th> <th>Grad</th> </tr> <tr> <td><input type="text" value="70"/></td> <td><input type="text" value="0"/></td> <td>Grad</td> </tr> </table>	Anfang	Ende	Grad	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="0"/>	Grad
Anfang	Ende	Grad					
<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="0"/>	Grad					
	horizontaler Abstand <table border="1"> <tr> <td><input type="text" value="55"/></td> <td><input type="text" value="25"/></td> <td>cm</td> </tr> </table>	<input type="text" value="55"/>	<input type="text" value="25"/>	cm			
<input type="text" value="55"/>	<input type="text" value="25"/>	cm					
	Verdrehwinkel <table border="1"> <tr> <td><input type="text" value="0"/></td> <td><input type="text" value="0"/></td> <td>Grad</td> </tr> </table>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Grad			
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Grad					
	vertikale Höhe <table border="1"> <tr> <td><input type="text" value="15"/></td> <td><input type="text" value="95"/></td> <td>cm</td> </tr> </table>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="95"/>	cm			
<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="95"/>	cm					
<input data-bbox="470 1041 694 1075" type="button" value=" << vorheriger Abschnitt "/> <input data-bbox="726 1041 949 1075" type="button" value=" nächster Abschnitt >> "/>							
<input data-bbox="183 1120 558 1153" type="button" value=" << zurück "/> <input data-bbox="590 1120 965 1153" type="button" value=" weiter >> "/>							

Abbildung 57:
 Beispiel einer Eingabemaske
 für Handhabungsdaten beim
 Heben oder Senken von Lasten
 (Laurig und Schiffmann, 1995)

zahlen anhand biomechanischer und physiologischer Kriterien sowie psychophysikalischer Faktoren.

Für die biomechanische Beurteilung steht ein auf Chaffin (1969) basierendes zweidimensionales statisches biomechanisches Modell zur Verfügung (Abbildung 58, siehe Seite 186).

Mit diesem biomechanischen Modell wird die Druckkraft auf die Bandscheibe L5-S1 für die aktuelle Tätigkeit berechnet. Zur Beurteilung asymmetrischer Hebe-, Halte- und Tragetätigkeiten werden Faktoren, die auf psychophysikalischen Untersuchungen von Mital et al. (1993) beruhen, in die Analyse mit einbezogen (siehe hierzu auch Ab-

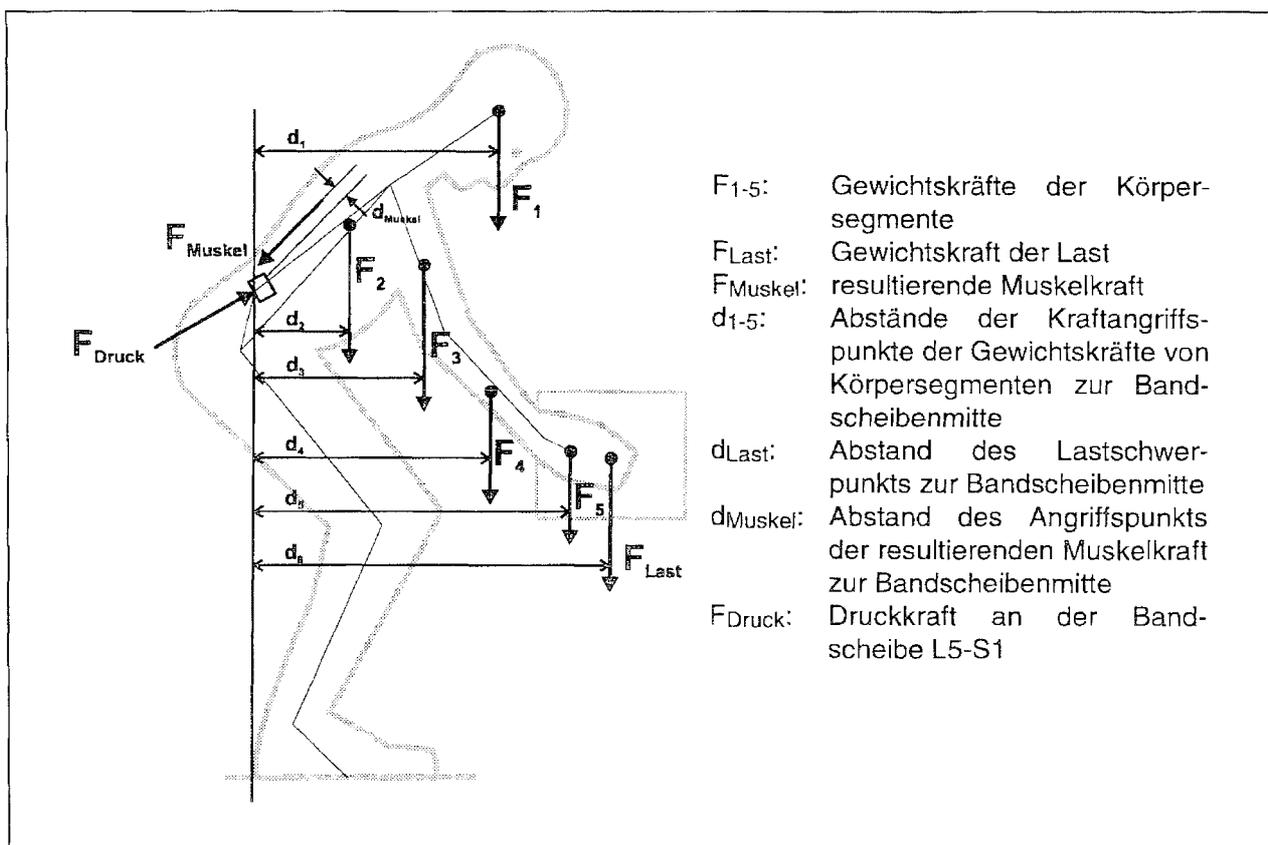
schnitt 8.7.6, Tabelle 60). Das Ergebnis wird mit den alters- und geschlechtsabhängigen Richtwerten für die lumbale Kompressionsbelastung nach Jäger und Luttmann (1994) verglichen (siehe hierzu Abschnitt 7.3.1, Tabelle 13). Die Belastungskennzahl für die Druckkraft ($BKZ_{\text{Druckkraft L5-S1}}$) wird nach folgender Vorschrift ermittelt:

$$BKZ_{\text{Druckkraft L5-S1}} = \frac{\text{errechnete Druckkraft für aktuelle Tätigkeit}}{\text{Richtwert für lumbale Kompressionsbelastung}}$$

Überschreitet die Belastungskennzahl dabei den Wert 1, so wird für die Ausübung der analysierten Tätigkeit eine

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Abbildung 58:
Prinzipdarstellung des biomechanischen Modells zur Bestimmung der Druckkraft an der Bandscheibe L5-S1 (nach Laurig und Schiffmann, 1995)



erhöhte Gefährdung angenommen. Das Ergebnis der biomechanischen Beurteilung wird einerseits als Maximalwert aller Teiltätigkeiten angegeben, andererseits können die Belastungskennzahlen aller Tätigkeitsabschnitte gesondert in Form von Balkendiagrammen oder als Zahlenwert aufgerufen werden. Dabei ist die farbliche Darstellung der Balken-

diagramme an die EG-Norm zur Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Gestaltungsgrundsätze (CEN prEN 614-1, 1993) angelehnt. Arbeitsaufgaben, die mit einer Belastungskennzahl größer 1 beurteilt werden und somit eine erhöhte Gefährdung erwarten lassen, werden danach mit „rot“ gekennzeichnet, während Aufgaben mit einer Be-

lastungskennzahl ≤ 1 (gering gefährdend) mit „grün“ gekennzeichnet werden.

Die Beurteilung der Tätigkeit nach dem physiologischen Kriterium erfolgt durch die Berechnung des Arbeitsenergieumsatzes. Hierzu wird ein Berechnungsverfahren nach Garg et al. (1978) zur Bestimmung des Gesamtenergieumsatzes verwendet; der errechnete Gesamtumsatz wird dann nach Angaben von Durnin und Passmore (1967) um den Grundumsatz vermindert (siehe hierzu auch Abschnitt 8.1.3.3). Die Ermittlung der Belastungskennzahl für den Arbeitsenergieumsatz (BKZ_{AEU}) erfolgt analog zur biomechanischen Analyse:

$$BKZ_{AEU} = \frac{\text{errechneter Arbeitsenergieumsatz für aktuelle Tätigkeit}}{\text{Dauerleistungsgrenze auf Basis des Arbeitsenergieumsatzes}}$$

Das Ergebnis der Analyse wird als Mittelwert über alle Tätigkeiten für die Gesamttätigkeit und für jeden Tätigkeitsabschnitt gesondert als Balkendiagramm oder als Zahlenwert ausgegeben. Dabei werden die Werte der Dauerleistungsgrenze auf Basis des Energieumsatzes nach Bonjer (1968) in Abhängigkeit der Tätigkeitsdauer festgelegt.

ErgonLIFT beinhaltet zudem einen Warnhinweis für Tätigkeiten, die eine hohe

statische muskuläre Belastung beinhalten (beispielsweise Überkopfarbeiten oder das Halten von Gegenständen über eine lange Dauer). Da für diese Fälle keine Belastungskennzahl gebildet wird, wird der Benutzer durch das Einblenden einer „Leuchtdiode“ auf eine mögliche Gefährdung hingewiesen. Abbildung 59 (siehe Seite 188) zeigt ein Beispiel für die Bildschirmausgabe einer Gefährdungsanalyse auf dem Monitor.

Für Tätigkeitsabschnitte, die als erhöht gefährdend beurteilt werden, wird dem Benutzer vom System eine Liste mit Gestaltungshinweisen angeboten. Sämtliche Eingabe- und Analysedaten können in einem Analyseprotokoll dokumentiert oder zur weiteren Bearbeitung (beispielsweise in einer Datenbank) abgelegt werden. Neben der Möglichkeit einer Analyse der Gefährdung von Tätigkeiten mit ErgonLIFT wird dem Benutzer zu Vergleichszwecken das NIOSH-Verfahren von 1991 als Analyseinstrument angeboten (siehe Abschnitt 8.7.2).

8.8 Wissensbasiertes System: „ErgonEXPERT“

Die meisten der in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Verfahren zur Analyse von Hebe- und Tragetätigkeiten beschränken sich bei der Er-

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

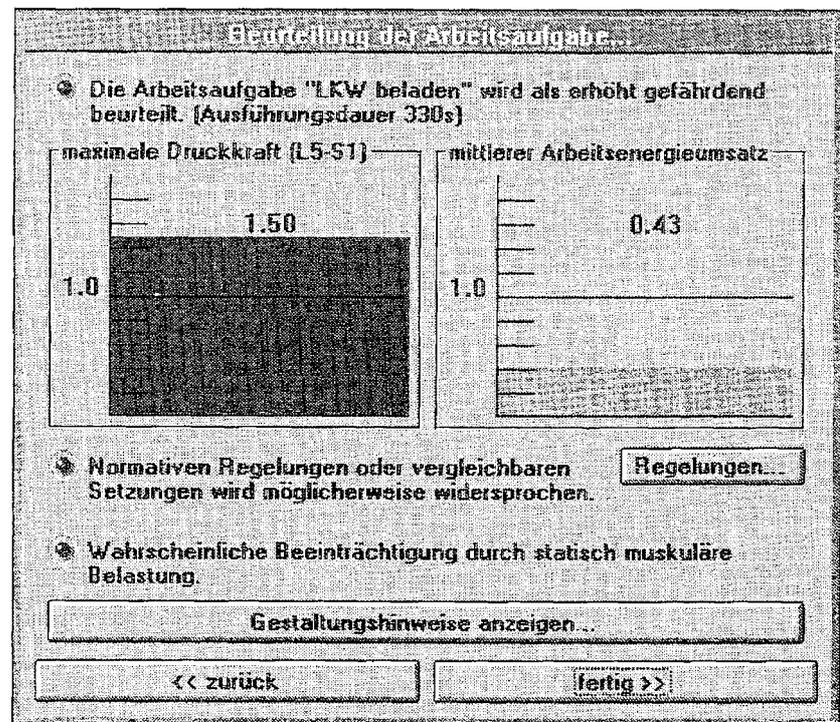


Abbildung 59:
Beispiel für die Ausgabe einer beurteilten Arbeitsaufgabe mit ErgonLIFT (Laurig und Schiffmann, 1995)

mittlung von Lastgrenzen auf ein Kriterium oder wenige Kriterien (z.B. psychophysikalisch, biomechanisch etc.). Mit wissensbasierten Systemen (Expertensystemen) kann im Gegensatz dazu eine Vielzahl der in der Literatur bekannten und anerkannten Verfahren in eine Analyse einbezogen werden. Bekannte Expertensysteme zur Analyse von Hebe- und Tragetätigkeiten sind das in den USA entwickelte System LIFTAN (Karwowski et al., 1986) und das am Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund entwickelte System ErgonEXPERT (Rombach und Laurig, 1988; Laurig und Rombach,

1989; Jäger et al., 1991 b; Laurig et al., 1994, Hecker et al., 1994). Dieses wird im folgenden vorgestellt.

Das System ErgonEXPERT besitzt einen modularen Aufbau der Wissensbasis. Folgende sechs Module sind in der Wissensbasis des Systems ErgonEXPERT enthalten:

- Modul „Arbeitsschutz“ (siehe Kapitel 5)
- Modul „Somatometrie“ (siehe Abschnitt 7.2.2)

- Modul „Biomechanik“
(siehe Abschnitte 7.3 und 8.2)
- Modul „Kombinationsverfahren“
(siehe Abschnitt 8.7)
- Modul „Psychophysik“
(siehe Abschnitte 6.5, 7.4 und 8.3)
- Modul „Energetik“
(siehe Abschnitte 6.2 und 7.1)

Der Vorteil eines modular aufgebauten Systems besteht darin, daß Bewertungs- und Beurteilungsmethoden, die gegebenenfalls erst nach Fertigstellung des Systems entwickelt worden sind, ergänzt werden können (Laurig und Rombach, 1989). Die in den Modulen berücksichtigten Verfahren sind bereits in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellt worden. Tabelle 69 a und b zeigt eine Übersicht über die in den einzelnen Modulen der Wissensbasis verwendeten Literaturstellen.

Tabelle 69 a:
Übersicht über die in der Wissensbasis von ErgonEXPERT genutzten Literaturquellen, über abgeleitete Verfahren und über ausgewählte Eigenschaften der jeweiligen Wissensquelle zur Beschreibung des „ergonomischen Wissens“ zum Handhaben von Lasten
(nach Jäger und Hecktor, 1991, und Jäger et al., 1994)

Bereich	Wissensquelle	Grundlage	Ergebnis	Lastmanipulation	Merkmale
Arbeitsschutz	MuSchG, 1987	Gesetz	Lastgrenzen, bindend	uneingeschränkt	gültig für werdende und stillende Mütter
	VFoF, 1971	Verordnung	Lastgrenze, bindend	Heben und Tragen	gültig für auf Fahrzeugen beschäftigte Frauen
	GUV 1.13, 1985	Unfallverhütungsvorschrift	Lastgrenzen, bindend	Heben und Tragen	gültig im Bereich der Gemeindeunfallversicherung
	BMA, 1981	Empfehlung	Lastgrenzen, unverbindlich	Heben und Tragen	spezifische Werte für Jugendliche

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Tabelle 69 a:
(Fortsetzung)

Bereich	Wissensquelle	Grundlage	Ergebnis	Lastmanipulation	Merkmale
Somatometrie	DIN 33 411, 1987	Regeln der Technik	maximale Armkräfte	Halten, langsame Bewegungen	statisch, beidhändig, gültig für Männer
	ErgonEXPERT	Modifikation von DIN-Daten	maximale Armkräfte	Halten, langsame Bewegungen	altersabhängig, gültig auch für Frauen
Biomechanik	ErgonEXPERT	Simulationsmodell	Belastung der Wirbelsäule, Kraft und Moment an L5-S1	Halten, langsame Bewegungen	statisch, zweidimensional
	Tichauer, 1978	Klassifikation	Belastung der Wirbelsäule, Moment an L5-S1	uneingeschränkt	Setzung von Momentengrenzen
	Jäger et al., 1991 a	Literaturauswertung	Kompressionsfestigkeit von Segmenten der Wirbelsäule	uneingeschränkt	abhängig von Alter und Geschlecht
Kombinationsverfahren	NIOSH, 1981	Regressionsmodell	Lastgrenzen	Heben	beidhändig
	REFA, 1987	Berechnungssystematik	Lastgrenze	Heben	personen- und häufigkeitsbezogen
Psychophysik	Ayoub et al., 1980	Meßwerte, Selbsteinschätzung	Lastgrenze	Heben	abhängig von Hebefrequenz und Lastgröße
	Ciriello u. Snook, 1983	Meßwerte, Selbsteinschätzung	Lastgrenze	Heben	abhängig von Hebefrequenz und Lastgröße

Tabelle 69 b:
 Übersicht über die in der Wissensbasis von ErgonEXPERT genutzten Literaturquellen,
 über abgeleitete Verfahren und über ausgewählte Eigenschaften der jeweiligen Wissensquelle
 zur Beschreibung des „ergonomischen Wissens“ zum Handhaben von Lasten
 (nach Jäger und Hecktor, 1991, und Jäger et al., 1994)

Bereich	Wissensquelle	Grundlage	Ergebnis	Lastmanipulation	Merkmale
Energetik	Spitzer und Hettinger, 1964	„Transportformel“ nach Meßwerten	Arbeitsenergieumsatz	Heben und Tragen	geschlechtsunabhängig
	Garg et al., 1978	Regressionsmodelle nach Meßwerten	Energieumsatz, Arbeitsenergieumsatz	Vielzahl von Einzelfällen	abhängig vom Körpergewicht
	Spitzer et al., 1982	„Tafelwerte“	Arbeitsenergieumsatz	Vielzahl von Einzelfällen	Körpergewicht: Frauen 65 kg, Männer 75 kg
	Henkel et al., 1983	Modifikation von Spitzer und Hettinger	Arbeitsenergieumsatz	Heben und Tragen	gültig für Frauen
	Laurig, 1983	Schätzsystematik nach Meßwerten	Arbeitsenergieumsatz	Vielzahl von Einzelfällen	Mittelwerte und Spannweiten
	Genaidy und Asfour, 1987	Modifikation von Garg et al.	Energieumsatz, Arbeitsenergieumsatz	Heben	erweiterter Hubbereich
	Hettinger und Eissing, 1989	Klassifikation	Arbeitsenergieumsatz, Dauerleistungsgrenzen	uneingeschränkt	gültig für Männer, modifiziert zu vier- statt siebenstufig
	ErgonEXPERT	Modifikation von Hettinger und Eissing	Arbeitsenergieumsatz, Dauerleistungsgrenzen	uneingeschränkt	gültig auch für Frauen, vierstufig

8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

Der Ablauf einer Tätigkeitsanalyse mit dem wissensbasierten System Ergon-EXPERT ist in Abbildung 60 dargestellt. Nach der Klassifikation der zu untersuchenden Tätigkeit und dem Laden der entsprechenden Teile der Wissensbasis erfolgt die Eingabe der für eine Analyse

relevanten tätigkeits- und personenbezogenen Daten. Diese Daten werden auf Einhaltung von Definitionsbereichen überprüft. Nach erfolgreicher Überprüfung wird die Bewertung der Tätigkeit unter Benutzung der Wissensbasis durchgeführt. Die Ausgabe des Ana-

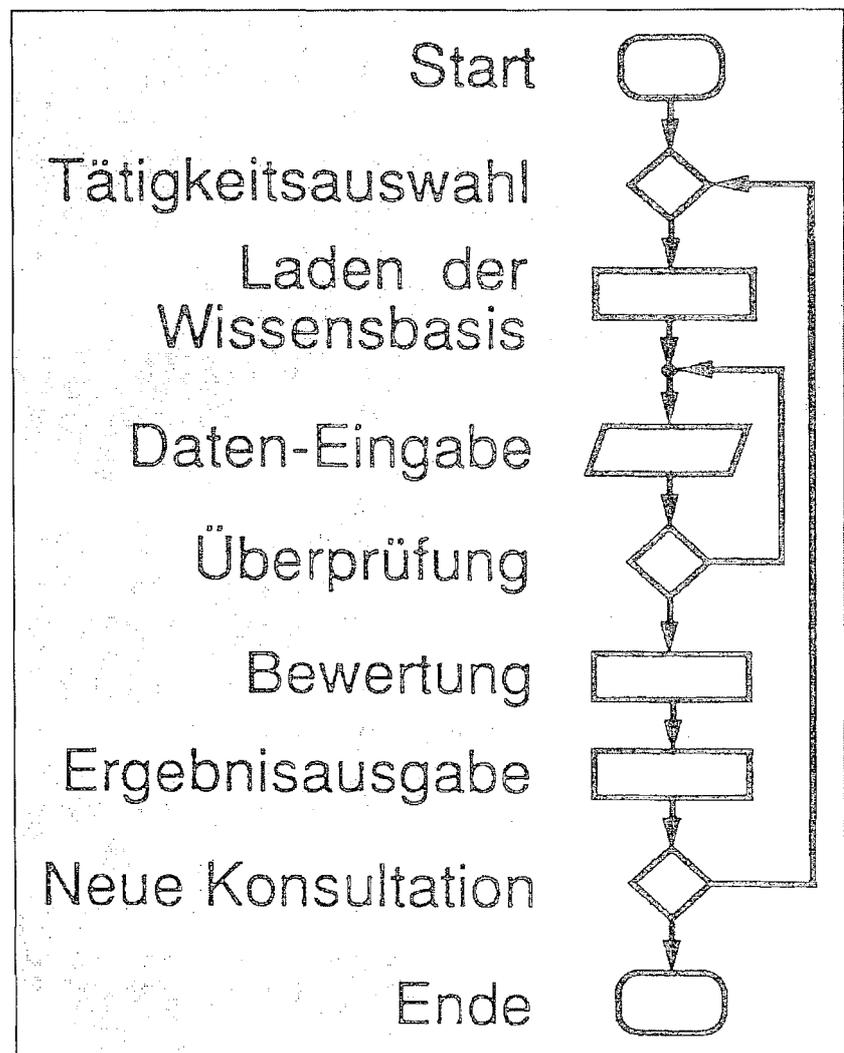


Abbildung 60:
Ablaufplan bei der
Durchführung einer Tätigkeits-
analyse mit dem wissens-
basierten System ErgonEXPERT
(Jäger und Hecktor, 1991)

lyseergebnisses erfolgt sowohl in numerischer als auch in graphischer Form. In Abbildung 61 ist beispielhaft eine Ergebnisausgabe zur Beurteilung einer Tragetätigkeit nach Kriterien des Arbeitsenergieumsatzes dargestellt.

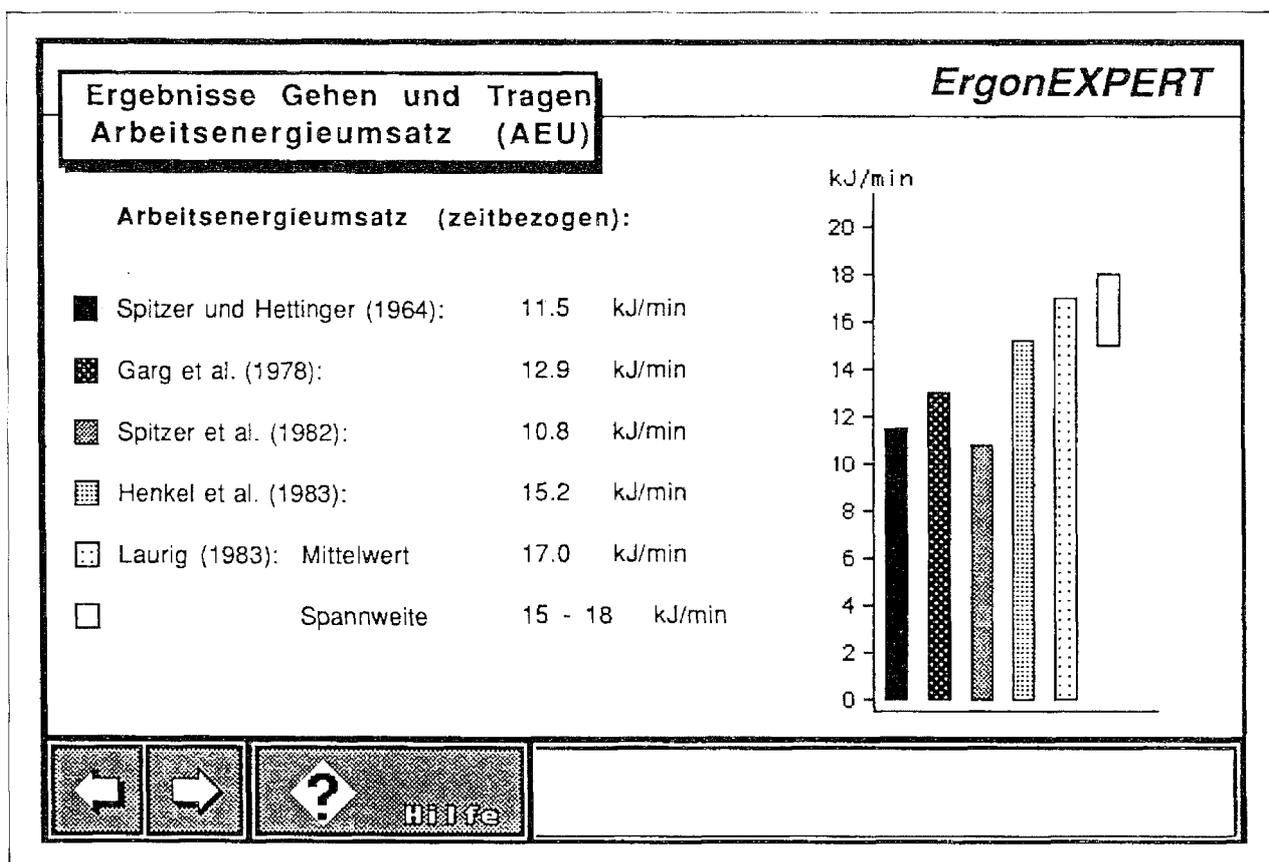
Auf Basis solcher Analyseergebnisse wird die analysierte Tätigkeit beurteilt.

Danach werden gegebenenfalls konkrete Gestaltungshinweise und Angaben zur Dringlichkeit einer Umgestaltung der vorhandenen Arbeitsbedingungen gemacht.

Das beschriebene wissensbasierte System ErgonEXPERT wurde in erster Linie zur Unterstützung von Beschäftigten im Bereich der betrieblichen Organi-

Abbildung 61:

Beispiel für die numerische und graphische Ergebnisdarstellung; Darstellung des zeitbezogenen Arbeitsenergieumsatzes beim Tragen einer Last, bestimmt mit Hilfe von fünf Wissensquellen (Hecktor, 1994)



8 Bewertungs- und Beurteilungsverfahren

sation entwickelt (z.B. Fertigungsingenieure, Sicherheitsingenieure, Arbeits- oder Betriebsmediziner) (Jäger und Hecktor, 1994). Wegen des umfangreichen im System abgelegten Wissens

können Tätigkeiten des Hebens und Tragens von Lasten anhand verschiedener Kriterien beurteilt und mit angemessenen Gestaltungshinweisen versehen werden.

9 Gegenüberstellung der Verfahren

Die in Kapitel 8 beschriebenen 21 Verfahren zur Bewertung und Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten unterscheiden sich teilweise erheblich bezüglich ihrer Voraussetzungen und Ziele, außerdem benutzen sie verschiedene Methoden. Daraus ergeben sich unterschiedliche Anwendungsfelder:

Verfahren, bei denen die mechanische Belastung der Wirbelsäule beurteilt wird, wie beispielsweise biomechanische Modellrechnungen oder die Beurteilung des Intraabdominaldrucks, eignen sich bevorzugt für Tätigkeiten, bei denen relativ schwere Lasten gehandhabt werden und bei denen deswegen die Gefahr einer „mechanischen Schädigung“ der Bandscheibe oder der Wirbelsäule besteht.

Für eine praktische Anwendung stehen keine Verfahren zur Verfügung, mit denen die mechanische Belastung direkt gemessen werden kann oder die auf eine direkte Messung der mechanischen Belastung zurückgehen. Daher ist man auf die Anwendung indirekter Methoden angewiesen. Dazu gehört die biomechanische Modellrechnung oder die Messung des Intraabdominaldrucks.

Bei den biomechanischen Modellrechnungen sind relativ einfache zweidimensional-statische Modelle von weitaus aufwendigeren dreidimensional-dyna-

mischen Modellen zu unterscheiden. Weiterhin unterscheiden sich verschiedene Modelle hinsichtlich der Qualität der Abbildung der anatomischen Gegebenheiten, wie beispielsweise in der Anzahl der berücksichtigten Körperteile und Gelenke sowie der Zahl der berücksichtigten Muskeln, erheblich. Zweidimensional-statische Modelle eignen sich für das zweihändige Halten oder langsame Heben von Objekten in einer zur Sagittalebene symmetrischen Körperhaltung und Lage der Last. Sie erfordern in der Regel nur wenige Eingaben zur Beschreibung der Körperhaltung und der Last. Dreidimensional-dynamische Modelle sind hingegen in der Lage, realistische Angaben zur Belastung der Wirbelsäule auch bei schnellen unsymmetrischen, insbesondere auch einhändigen Bewegungen der Last zu machen. Allerdings erfordert die Anwendung solcher Modelle eine wesentlich genauere Beschreibung der Körperhaltung sowie der Körperbewegung.

Verfahren, die auf einer Messung des Bauchrauminnendrucks als Maß der Wirbelsäulenbelastung basieren, sind insofern umstritten, als die gemessene Größe „Intraabdominaldruck“ einen nur indirekten Zusammenhang zur zu untersuchenden Größe „Wirbelsäulenbelastung“ hat und die Rolle des Intraabdominaldrucks im Zusammenhang mit Be- oder

9 Gegenüberstellung der Verfahren

Entlastung der Wirbelsäule kontrovers diskutiert wird.

Eine Beurteilung anhand des Energieumsatzes oder anhand psychophysikalischer Kriterien ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Tätigkeit wiederholt ausgeübt wird. Dabei ist davon auszugehen, daß die maximal erträgliche Grenzlast bei hohen Hubfrequenzen durch den Energieumsatz, bei niedrigeren Hubfrequenzen hingegen durch psychophysikalische oder biomechanische Kriterien limitiert wird.

Alle Verfahren, die auf der Anwendung der zuvor genannten Beurteilungskriterien beruhen, sind zur Bestimmung der Belastung an bereits existierenden Arbeitsplätzen geeignet. Sie sind darüber hinaus geeignet, bereits in einer Planungsphase die später zu erwartende Belastung abzuschätzen. Damit können sie als ein wirkungsvolles Instrument der gesundheitlichen Prävention mit dem Ziel einer Vermeidung unzulässig hoher Belastungen und einer Reduktion der Gesundheitsgefährdung durch das Heben und Tragen von Lasten eingesetzt werden.

Verfahren, die von einer Bestimmung und Beurteilung einer kumulativen Belastung über die Dauer einer beruflichen Tätigkeit ausgehen, sind interessant im Zusammenhang mit der retrospektiven

Beurteilung möglicherweise berufsbedingter Schädigungen der Wirbelsäule. Diese Verfahren versuchen vom Ansatz her alle bis zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführten Tätigkeiten der Lastenmanipulation, für die eine gesundheitsschädigende Wirkung angenommen wird, durch eine Summengröße zu erfassen. Dabei bestehen besondere Probleme in der retrospektiven Erfassung der erforderlichen Daten. Außerdem ist bisher nicht hinreichend bekannt, ob die multiplikative Verknüpfung von Belastungshöhe und Belastungsdauer eine adäquate Berücksichtigung beider Einflußgrößen darstellt. Daher sollten zusätzlich auch Bewertungsmodelle geprüft werden, die einen überproportionalen Einfluß der Belastungsgrößen berücksichtigen. Weiterhin beruhen die beiden bisher vorgeschlagenen Richtwerte für eine kumulierte Belastung auf Untersuchungen an einer kleinen Personengruppe mit einer bestimmten Tätigkeit oder auf pragmatischen Setzungen.

Wegen der Verschiedenheit der eingesetzten Methoden, Ziele und Anwendungsbereiche der in Kapitel 8 zusammengestellten Bewertungs- und Beurteilungsverfahren ist ein Vergleich der Verfahren untereinander nur mit Einschränkungen möglich. Dennoch werden im folgenden verschiedene Gegenüberstellungen vorgenommen, in denen die Berücksichtigung bestimmter Merkmale

geprüft wird. Diese Merkmale sind den folgenden fünf Bereichen zugeordnet:

- Berücksichtigte Beurteilungskriterien
- Berücksichtigung personenbezogener Kriterien
- Berücksichtigung tätigkeitsbezogener Kriterien
- Berücksichtigung von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien des öffentlichen Arbeitsschutzes und
- verfahrensspezifische Besonderheiten

9.1 Berücksichtigte Beurteilungskriterien

Bei dieser Gegenüberstellung wird gezeigt, welche der in Kapitel 7 beschriebenen Kriterien zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten in den verschiedenen Verfahren berücksichtigt wurden. Dabei wird deutlich, daß es sowohl Verfahren gibt, die nur eines der Beurteilungskriterien anwenden, als auch Verfahren, die eine Vielzahl der beschriebenen Kriterien einbeziehen. Die Darstellung in Tabelle 70 (siehe Seite 198) stellt keine Wertung der Verfahren dar. Eine solche Wertung ist nicht möglich, da die Intentionen der einzelnen Verfahren sehr verschieden sein können. So ist beispielsweise bei Ver-

fahren, die primär auf Untersuchungen des Energieumsatzes beruhen, eine Beurteilung anhand biomechanischer Kenngrößen (z.B. Kompressionsfestigkeit der Wirbelsäule oder Momentenklassifikation) nicht sinnvoll und nicht aussagekräftig.

Das OWAS-Verfahren berücksichtigt keines der hier verwendeten Beurteilungskriterien; es begründet sich auf „Expertenmeinungen“.

9.2 Personenbezogene Kriterien

Die Auflistung der personenbezogenen Kriterien gibt einen Überblick darüber, inwieweit die Streuung individueller Eigenschaften von Personen innerhalb der Verfahren berücksichtigt wird. Die Tabelle 71 (siehe Seite 199) zeigt, daß einige Verfahren wie beispielsweise die OWAS-Methode oder das „Dosismodell“ nach Pangert und Hartmann keine Unterscheidungen in diesem Bereich machen. Andere Verfahren weisen zwar aufgrund formulierter Einschränkungen für die Anwendung auf die Beachtung solcher Kriterien hin, berücksichtigen sie aber nicht quantitativ. In dieser Zusammenstellung sind die entsprechenden Felder bei diesen Verfahren deswegen mit offenen Kreisen versehen. Die Tafelwerte für den Arbeitsenergieumsatz weisen beim personenbezogenen Krite-

9 Gegenüberstellung der Verfahren

Tabelle 70:

Beurteilungskriterien, die im jeweiligen Verfahren berücksichtigt sind (ausgefüllter Punkt = berücksichtigt, halb gefüllter Punkt = in Grenzen berücksichtigt, nicht gefüllter Punkt = nicht berücksichtigt, DLG = Dauerleistungsgrenze, AEU = Arbeitsenergieumsatz)

Kriterium	Tafelwerte für Arbeitsenergieumsatz (Kap. 8.1.1)	Schätzverfahren (Kap. 8.1.2)	Transportformel (Kap. 8.1.3.1)	Erweiterte Transportformel (Kap. 8.1.3.2)	Modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.3)	Erweitertes modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.4)	"Der Dortmunder" (Kap. 8.2.2)	Maximal akzeptierte Lasten nach Ayoub et al. (Kap. 8.3.1.)	Maximal akzeptierte Lasten nach Snook u. Ciriello (Kap. 8.3.2)	Verfahren nach Davis u. Stubbs (Kap. 8.4)	OWAS/COWAS-Methode (Kap. 8.5.1/8.5.2)	"Dosis-Modell" nach Pangert u. Hartmann (Kap. 8.6.1)	Verfahren nach Hartung und Dupuis (Kap. 8.6.2)	NIOSH-Verfahren 1981 (Kap. 8.7.1)	NIOSH-Verfahren 1991 (Kap. 8.7.2)	ISO/CD 10228-Entwurf (Kap. 8.7.3)	BOSCH-Verfahren (Kap. 8.7.4)	REFA-Verfahren (Kap. 8.7.5)	Tafelwerte nach Mital et al. (Kap. 8.7.6)	ErgonLIFT (Kap. 8.7.7)	ErgonEXPERT (Kap. 8.8)	
DLG Pulsfrequenz																						
DLG Sauerstoffaufnahme	●	●	●	●	●	●																
DLG AEU	●	●	●	●	●	●																
Epidemiologie																						
Intraabdominaldruck																						
Kompressionsfestigkeit							●															
Körperkerntemperatur																						
maximale Tätigkeitsdauer																						
Maximalkraft																						
Momentenklassifikation																						
muskuläre Ausdauer																						
Psychophysik																						

Tabelle 71:

In den Verfahren berücksichtigte personenbezogene Kriterien (ausgefüllter Punkt = berücksichtigt, halb gefüllter Punkt = in Grenzen berücksichtigt, nicht gefüllter Punkt = nicht berücksichtigt)

	Tafelwerte für Arbeitsenergieumsatz (Kap. 8.1.1)	Schätzverfahren (Kap. 8.1.2)	Transportformel (Kap. 8.1.3.1)	Erweiterte Transportformel (Kap. 8.1.3.2)	Modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.3)	Erweitertes modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.4)	"Der Dortmund" (Kap. 8.2.2)	Maximal akzeptierte Lasten nach Ayoub et al. (Kap. 8.3.1.)	Maximal akzeptierte Lasten nach Snook u. Ciriello (Kap. 8.3.2)	Verfahren nach Davis u. Stubbs (Kap. 8.4)	OWAS/COWAS-Methode (Kap. 8.5.1/8.5.2)	"Dosis-Modell" nach Pangert u. Hartmann (Kap. 8.6.1)	Verfahren nach Hartung und Dupuis (Kap. 8.6.2)	NIOSH-Verfahren 1981 (Kap. 8.7.1)	NIOSH-Verfahren 1991 (Kap. 8.7.2)	ISO/CD 10228-Entwurf (Kap. 8.7.3)	BOSCH-Verfahren (Kap. 8.7.4)	REFA-Verfahren (Kap. 8.7.5)	Tafelwerte nach Mital et al. (Kap. 8.7.6)	ErgonLIFT (Kap. 8.7.7)	ErgonEXPERT (Kap. 8.8)
Alter																					
Geschlecht				●	●	●	●	●	●	●			●				●	●	●	●	●
Körpergröße							●											●		●	●
Körpermasse	●				●	●	●													●	●
Konstitution																		●	●	●	●

9 Gegenüberstellung der Verfahren

rium „Körpermasse“ einen halb gefüllten Punkt auf, was bedeutet, daß das Kriterium in Grenzen berücksichtigt ist. Dies geschieht durch eine Tabelle, in der der Einfluß der Körpermasse auf den Energieumsatz gezeigt wird und mit deren Hilfe innerhalb bestimmter Grenzen eine quantitative Berücksichtigung dieser Eigenschaft möglich ist.

9.3 Tätigkeitsbezogene Kriterien

Unter dem Begriff „Tätigkeitsbezogene Kriterien“ sind Merkmale zusammengefaßt, die den Arbeitsplatz und den Arbeitsablauf kennzeichnen. Die Tabelle 72 macht deutlich, daß der größte Teil dieser Merkmale durch Maßnahmen der Arbeitsgestaltung beeinflußt werden kann.

Alle aufgelisteten Verfahren eignen sich – wie aufgrund der Auswahl zu erwarten – zur Analyse von Hebetätigkeiten. Dabei wird jedoch bei einigen Verfahren nicht zwischen einhändigem und beidhändigem Heben unterschieden (siehe z.B. Transportformel und erweiterte Transportformel). Um dies zu verdeutlichen, wurden diese Stellen mit einem offenen Kreis (nicht berücksichtigt) gekennzeichnet.

Die meisten Kombinationsverfahren eignen sich nicht zur Analyse von Trage-

tätigkeiten. Lediglich mit den Tafelwerten von Mital et al. (1993), dem Expertensystem ErgonEXPERT (Laurig et al., 1994) und dem Verfahren ErgonLIFT (Schiffmann et al., 1995) können Tragetätigkeiten analysiert werden. Bei dem REFA-Verfahren und dem BOSCH-Verfahren wurden diese Stellen mit einem halb ausgefüllten Kreis (bedingt vorhanden) versehen, da die Analyse von Hebetätigkeiten eine geringe Anzahl von Schritten beinhaltet. Tragetätigkeiten über längere Distanzen können jedoch bei diesen Verfahren nicht in eine Analyse einbezogen werden.

9.4 Berücksichtigung von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien des öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes

Wie Tabelle 73 (siehe Seite 202) zeigt, berücksichtigen nur wenige Verfahren die in Kapitel 5 beschriebenen Gesetze, Verordnungen und Richtlinien des deutschen oder europäischen öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes.

Es muß abgewartet werden, ob im Ausland entwickelte Verfahren, wie beispielsweise das NIOSH-Verfahren, im Rahmen der europäischen Normung (vgl. ISO/CD 10228) für die Umsetzung von EG-Richtlinien an Bedeutung gewin-

	Tafelwerte -urArbeitsenergieumsatz (Kap. 8.1.1)	Schatzverfahren (Kap. 8.1.2)	Transportformel (Kap. 8.1.3.1)	Erweiterte Transportformel (Kap. 8.1.3.2)	Modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.3)	Erweitertes modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.4)	"Der Dortmund" (Kap. 8.2.2)	Maximal akzeptierte Lasten nach Ayoub et al. (Kap. 8.3.1)	Maximal akzeptierte Lasten nach Snook u. Ciriello (Kap. 8.3.2)	Verfahren nach Davis u. Stubbs (Kap. 8.4)	OWAS COWAS-Methode (Kap. 8.5.1 & 8.5.2)	"Dosis-Modell" nach Panyet u. Hartmann (Kap. 8.6.1)	Vorfahren nach Hartung und Dupuis (Kap. 8.6.2)	NIOSH-Verfahren 1981 (Kap. 8.7.1)	NIOSH-Verfahren 1991 (Kap. 8.7.2)	ISO-CD 10228-Entwurf (Kap. 8.7.3)	BOSCH-Verfahren (Kap. 8.7.4)	HEFA-Verfahren (Kap. 8.7.5)	Tafelwerte nach Miral et al. (Kap. 8.7.6)	ErgoLIFT (Kap. 8.7.7)	ErgoEXPERT (Kap. 8.8)
asym. Bewegungen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ausführungsgeschw.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
begrenzte Kopffreiheit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Belastungsdauer	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Belastungshäufigkeit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Greifbedingungen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Grenzfrequenz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Heben	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Heben zu zweit	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
einhandiges Heben	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
beidhandiges Heben	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Humpeln	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Klimat, Einfluss: Hitze	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
kombinierte Tätigkeiten	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Lastabmaße	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Lastgewicht	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Lage d. Lastschwerpunkts	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Tragen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabelle 72:
Berücksichtigung tätigkeits-
bezogener Kriterien (ausgefüll-
ter Punkt = berücksichtigt, halb
gefüllter Punkt = in Grenzen
berücksichtigt, nicht gefüllter
Punkt = nicht berücksichtigt)

nen werden. Für die Anwendung der Verfahren in Deutschland ist es allerdings wichtig, die Einhaltung bestehender Vorschriften zu überprüfen. Aus diesem Grunde ist eine Berücksichtigung der Vorschriften innerhalb der Verfahren vorteilhaft.

9.5 Verfahrensspezifische Besonderheiten

In Tabelle 74 (siehe Seite 203) wird anhand bestimmter verfahrensspezifischer Besonderheiten geprüft, inwieweit Anforderungen erfüllt sind, die an ein praxis-

9 Gegenüberstellung der Verfahren

Tabelle 73:

Berücksichtigung von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien des deutschen oder europäischen öffentlich-rechtlichen Arbeitsschutzes (ausgefüllter Punkt = berücksichtigt, nicht gefüllter Punkt = nicht berücksichtigt)

	MuSchG	GUV 1.13	VBG 126	VBG 19	BMA	90/269/EWG	BK 2108/2109	
Tafelwerte für Arbeitsenergieumsatz (Kap. 8.1.1)								
Schätzverfahren (Kap. 8.1.2)								
Transportformel (Kap. 8.1.3.1)								
Erweiterte Transportformel (Kap. 8.1.3.2)								
Modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.3)								
Erweitertes modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.4)								
"Der Dortmunder" (Kap. 8.2.2)								
Maximal akzeptierte Lasten nach Ayoub et al. (Kap. 8.3.1.)								
Maximal akzeptierte Lasten nach Snook u. Ciriello (Kap. 8.3.2)								
Verfahren nach Davis u. Stubbs (Kap. 8.4)								
OWAS/COWAS-Methode (Kap. 8.5.1/8.5.2)								
"Dosis-Modell" nach Pangert u. Hartmann (Kap. 8.6.1)								
Verfahren nach Hartung und Dupuis (Kap. 8.6.2)							●	
NIOSH-Verfahren 1981 (Kap. 8.7.1)								
NIOSH-Verfahren 1991 (Kap. 8.7.2)								
ISO/CD 10228-Entwurf (Kap. 8.7.3)								
BOSCH-Verfahren (Kap. 8.7.4)								
REFA-Verfahren (Kap. 8.7.5)								
Tafelwerte nach Mital et al. (Kap. 8.7.6)								
ErgonLIFT (Kap. 8.7.7)	●	●	●	●	●	●	●	●
ErgonEXPERT (Kap. 8.8)	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabelle 74:

Verfahrensspezifische Besonderheiten (ausgefüllter Punkt = berücksichtigt, nicht gefüllter Punkt = nicht berücksichtigt)

	Tafelwerte für Arbeitsenergieumsatz (Kap. 8.1.1)	Schätzverfahren (Kap. 8.1.2)	Transportformel (Kap. 8.1.3.1)	Erweiterte Transportformel (Kap. 8.1.3.2)	Modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.3)	Erweitertes modifiziertes Garg-Verfahren (Kap. 8.1.3.4)	"Der Dortmunder" (Kap. 8.2.2)	Maximal akzeptierte Lasten nach Ayoub et al. (Kap. 8.3.1.)	Maximal akzeptierte Lasten nach Snook u. Ciriello (Kap. 8.3.2)	Verfahren nach Davis u. Stubbs (Kap. 8.4)	OWAS/COWAS-Methode (Kap. 8.5.1/8.5.2)	"Dosis-Modell" nach Pangert u. Hartmann (Kap. 8.6.1)	Verfahren nach Hartung und Dupuis (Kap. 8.6.2)	NIOSH-Verfahren 1981 (Kap. 8.7.1)	NIOSH-Verfahren 1991 (Kap. 8.7.2)	ISO/CD 10228-Entwurf (Kap. 8.7.3)	BOSCH-Verfahren (Kap. 8.7.4)	REFA-Verfahren (Kap. 8.7.5)	Tafelwerte nach Mital et al. (Kap. 8.7.6)	ErgonLIFT (Kap. 8.7.7)	ErgonEXPERT (Kap. 8.8)
Rechnerunterstützung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dialog-/Erklärungskomp.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gestaltungsdringlichkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gest.-Vorschläge allgem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gest.-Vorschläge konkret	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Grenzwertvorgaben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

9 Gegenüberstellung der Verfahren

nahes Analysierverfahren gestellt werden. Ein praxisrelevantes Verfahren sollte von einem großen Anwenderkreis auch ohne eine spezielle Ausbildung genutzt werden können. Diese Forderung läßt sich vor allem durch rechnergestütz-

te Verfahren gewährleisten, die über eine gute Benutzerführung und über Erklärungskomponenten verfügen. Darüber hinaus sind für die Praxis Vorschläge für eine präventive Gestaltung von Interesse.

10 Zusammenfassung und Ausblick

Präventive Arbeitsgestaltung zum Schutz des Menschen vor gesundheitlicher Gefährdung bei Hebe- und Tragetätigkeiten erfordert Kenntnisse sowohl über die Höhe als auch über die Auswirkungen auftretender Belastungen.

In epidemiologischen Studien wurde der Zusammenhang zwischen der Prävalenz gesundheitlicher Beeinträchtigungen und beruflichen Tätigkeiten untersucht. Die meisten dieser Studien legen die Vermutung nahe, daß durch die Handhabung zu schwerer Lasten die Gesundheit des Menschen gefährdet wird. Hierbei werden sowohl Beeinträchtigungen des Muskuloskelettal-Systems als auch des Herz-Kreislauf-Systems diskutiert. Bei Frauen ist aus gynäkologischen Gründen von einer zusätzlichen Gefährdung auszugehen.

Innerhalb des Muskuloskelettal-Systems ist die Wirbelsäule durch das Heben und Tragen schwerer Lasten besonders gefährdet. Dies wird beispielsweise an Bestrebungen deutlich, gesetzlich festgelegte Grenzlasten zu schaffen oder Richtlinien für die Gestaltung von Arbeitsplätzen, an denen manuell Lasten gehandhabt werden, zu formulieren. Durch diese normativen Regelungen soll die Gefährdung der Wirbelsäule reduziert werden. Auch die Erweiterung der Berufskrankheiten-Verordnung um „Band Scheibenbedingte Erkrankungen durch

langjähriges Heben und Tragen schwerer Lasten“ zeigt, daß das Heben und Tragen von Lasten als Verursacher für Schädigungen der Wirbelsäule angesehen wird.

Bei der Beurteilung möglicher Gesundheitsgefährdungen durch die Handhabung von Lasten sollte jedoch nicht nur die Belastbarkeit der Wirbelsäule als Begrenzungskriterium herangezogen werden. Neben diesem biomechanischen Kriterium werden in der Literatur Kriterien wie beispielsweise die Dauerleistungsgrenze auf Basis des Energieumsatzes (physiologisches Kriterium), die maximal von Personen akzeptierbaren Lasten beim Handhaben von Lasten (psychophysikalisches Kriterium) oder Kriterien, die aus der Kenntnis einer systematischen Analyse aufgetretener Erkrankungen (epidemiologisches Kriterium) abgeleitet sind, diskutiert.

Auf Basis solcher Kriterien wurden Verfahren zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten entwickelt. Dabei sind einerseits Verfahren bekannt, die ein einzelnes Kriterium zur Beurteilung der Tätigkeit heranziehen, andererseits gibt es aber auch Verfahren, deren Beurteilung einer auszuführenden Tätigkeit auf mehreren Kriterien basiert.

Zudem lassen sich die Verfahren nach der Beachtung anderer Aspekte, wie

10 Zusammenfassung und Ausblick

beispielsweise der Berücksichtigung tätigkeitsbezogener Kriterien (z.B. Belastungsdauer, Belastungshäufigkeit, Hubhöhe etc.) oder personenbezogener Kriterien (z.B. Alter, Geschlecht, Körperhöhe etc.), unterscheiden. Für Verfahren, die in der betrieblichen Praxis zur Beurteilung bestehender oder in der Planung befindlicher Arbeitsplätze, an denen Lasten manipuliert werden, herangezogen werden, ist zudem die Benutzungsfreundlichkeit der Verfahren von Bedeutung. Ein Verfahren sollte von einem großen Anwenderkreis genutzt werden können sowie einfach und schnell zu Ergebnissen führen. Um diese Anforderung erfüllen zu können, werden in zunehmendem Maße rechnergestützte Systeme zur Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten eingesetzt.

Eine besondere Problematik, die sich bei der Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten ergibt, stellt das Feststellungsverfahren zur Anerkennung der Berufs-

krankheiten BK 2108 und BK 2109 dar, da hierzu eine retrospektive Betrachtung der Belastung erforderlich ist. Eine Schwierigkeit besteht darin, daß das Schädigungsgeschehen, das aus dem Zusammenwirken der für eine mögliche Anerkennung entscheidenden Einflußgrößen „Belastungshöhe“ und „Belastungsdauer“ resultiert, zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht hinreichend bekannt ist. Deshalb sollten in der Zukunft verstärkt Forschungsbestrebungen angeregt werden, um eine einheitliche Vorgehensweise im Feststellungsverfahren zu erlangen und um den betroffenen Personen gerecht zu werden. Die Forschungsvorhaben sollten zu genaueren Kenntnissen über den tatsächlichen Belastungsverlauf im Zusammenhang mit der Ausführung von Hebe- und Tragetätigkeiten führen und im konkreten Fall sollte der Einfluß der Belastung auf mögliche Schädigungen der Wirbelsäule untersucht werden.

11 Literatur

11.1 Verwendete Literatur

90/269/EWG (1990): Richtlinie des Rates vom 29. Mai 1990 über die Mindestvorschriften bezüglich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der manuellen Handhabung von Lasten, die für Arbeitnehmer insbesondere eine Gefährdung der Lendenwirbelsäule mit sich bringt. In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 156/9, 1990

Adelmann, M., Bunk, W., Linke-Kaiser, G., Wakula, J., Schildge, B., und Rohmert, W. (1994): Fliesen-, Platten- und Mosaikleger. Arbeitsmedizinische und arbeitswissenschaftliche Studie der Belastungen und Beanspruchungen bei der Fliesenlegerarbeit. Schriftenreihe Arbeitssicherheit und Arbeitsmedizin in der Bauwirtschaft. Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften (Hrsg.), Frankfurt a.M. 1994

Andersson, B.J.G., und Örtengren, R. (1974 a): Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting — II. Studies on an office chair. In: Scand. J. Rehab. Med. 6 (1974), S. 115 - 121

Andersson, B.J.G., und Örtengren, R. (1974 b): Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting — III. Studies on a wheelchair. In: Scand. J. Rehab. Med. 6 (1974), S. 122 - 127

Andersson, B.J.G., Örtengren, R., Nachemson, A., und Elfström, G. (1974 a): Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting — I. Studies on an experimental chair. In: Scand. J. Rehab. Med. 6 (1974), S. 104 - 114

Andersson, B.J.G., Örtengren, R., Nachemson, A., und Elfström, G. (1974 b): Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting — IV. Studies on a car driver's seat. In: Scand. J. Rehab. Med. 6 (1974), S. 128 - 133

Anzinger, R. (1994): Arbeitszeitgesetz — Erfolgreich zum Abschluß gebracht. In: Bundesarbeitsblatt 6 (1994), S. 5 - 9

Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften (1991): Handhaben von Mauersteinen (Merkblatt). Bau-Berufsgenossenschaft, Frankfurt a.M. 1991

ArbSichG (1990): Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit. In: Arbeitsgesetze. 46. Aufl. Deutscher Taschenbuch Verlag, 1994, S. 183 - 191

ArbStV (1983): Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung). In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.): Arbeitsstätten — Vorschriften und Richtlinien 1991, Rw 2. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1992, S. 7 - 35

11 Literatur

ASchG (1994): Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz — ASchG). In: Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich 135 (1994), S. 3785 - 3850

Aschoff, J. (1971): Temperaturregulation. In: Gauer, O.H., Kramer, K., und Jung, R. (Hrsg.): Physiologie des Menschen, Band 2: Energiehaushalt und Temperaturregulation. Urban & Schwarzenberg, München 1971, S. 43 - 116

Astrand, I. (1960): Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. In: Acta Physiol. Scand. 49 (1960), Suppl. 169

Ayoub, M.M., und Mital, A. (1989): Manual materials handling. Taylor & Francis, London 1989

Ayoub, M.M., Mital, A., Bakken, G.M., Asfour, S.S., und Bethea, N.J. (1980): Development of strength and capacity norms for manual materials handling activities: The state of the art. In: Human Factors 22 (1980), Nr. 3, S. 271 - 283

Ballé, W., Smolka, R., und Luttmann, A. (1982): Aufbau und Erprobung eines Meßfahrzeugs zur Datenerfassung in arbeitsphysiologischen Felduntersuchungen. In: Zbl. Arbeitsmed. 32 (1982), Nr. 6, S. 214 - 218

Bartelink, D.L. (1957): The role of abdominal pressure in relieving the pressure on the lumbar intervertebral discs. In: The Journal of Bone and Joint Surgery 39 (1957), Nr. 4, S. 718 - 725

Berger, G., und Jenner, R.D. (1984): Planungshilfen für die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung. In: REFA-Nachrichten 6 (1984), S. 41 - 46

BKK (Bundesverband der Betriebskrankenkassen) (1993): Krankheitsarten- und Arbeitsunfallstatistik 1992. RGA-Druck J.F. Ziegler KG, Remscheid 1993

Bloswick, D.S., und Chaffin, D.B. (1990): An ergonomic analysis of the ladder climbing activity. In: International Journal of Industrial Ergonomics 6 (1990), S. 17 - 27

BMA (Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung) (1981): Gesundheitsgefährdung beim Heben und Tragen von Lasten. Schreiben an die Minister und Senatoren für Arbeit der Länder vom 1. Oktober 1981 — IIIb 1 — 3708, Bundesarbeitsblatt 11 (1981), S. 96

BMA (Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung) (1993 a): Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2108. In: Bundesarbeitsblatt 3 (1993), S. 50 - 53

BMA (Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung) (1993 b): Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2109. In: Bundesarbeitsblatt 3 (1993), S. 53 - 55

BMA (Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung) (1993 c): Entwurf einer Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten (Lastenhandhabungsverordnung — LasthandhabV)

Bolm-Audorff, U. (1992): Bandscheibenbedingte Erkrankungen durch Heben und Tragen von Lasten. In: *Med. Orth. Tech.* 112 (1992), Nr. 6, S. 293 - 296

Bolm-Audorff, U. (1993): Berufskrankheiten der Wirbelsäule durch Heben oder Tragen schwerer Lasten. In: *Konietzko, H., und Dupuis, H. (Hrsg.): Handbuch der Arbeitsmedizin. Arbeitsphysiologie — Arbeitspathologie — Prävention*, Kap. IV-7.8.3, S. 1 - 24, ecomed verlagsgesellschaft, Landsberg 1989, 10. Erg. Lfg. 7/93

Bonjer, F.H. (1968): Relationship between working time, physical working capacity and allowable caloric expenditure. In: *Rohmert, W. (Hrsg.): Muskelarbeit und Muskeltraining*. A.W. Gentner Verlag, Stuttgart 1968, S. 86 - 98

Bonjer, F.H. (1971): Temporal factors and physiological load. In: *Single-*

ton, W.T., Fox, J.G., und Whitfield, D. (Hrsg.): Measurement of man at work. Taylor & Francis, London 1971, S. 41 - 44

Brandenburg, S. (1993): Wirbelsäulenerkrankungen als Berufskrankheit. In: *Die BG* (1993), Nr. 12, S. 791 - 800

Brinckmann, P., und Horst, M. (1983): The influence of vertebral body fracture, intradiscal injection and partial discectomy on the radial bulge and height of human lumbar discs. In: *Mitteilungen aus der Abteilung Biomechanik, Orthopädische Universitätsklinik Münster* 19 (1983)

Brinckmann, P., Biggemann, M., und Hilweg, D. (1989): Prediction of the compressive strength of human lumbar vertebrae. In: *Clinical Biomechanics* 4, Suppl. 2, S 1 - S 27

Brown, T., Hansen, R.J., und Yorra, A.L. (1957): Some mechanical tests on the lumbo-sacral spine with particular reference to the intervertebral discs. In: *J. Bone Joint Surg.* 39A (1957), Nr. 5, S. 1135 - 1164

Buchberger, J., und Nemecek, J. (1988): Manipulieren von Lasten. In: *Illustrierte Zeitschrift für Arbeitssicherheit* 35 (1988), Nr. 27, S. 1 - 8

Burandt, U. (1978): *Ergonomie für Design und Entwicklung*. Verlag Dr. Otto Schmidt KG, Köln 1978

11 Literatur

- CEN prEN 614-1 (Entwurf) (1993): Safety of machinery. Ergonomic design principles. Part 1: Terminology and general principles. European Committee for Standardization, Brussels 1993
- Chaffin, D.B. (1969): A computerized biomechanical model — development of and use in studying gross body actions. In: *Journal of Biomechanics* 2 (1969), S. 429 - 441
- Chaffin, D.B. (1972): Some effects of physical exertion. Department of Industrial and Operations Engineering. The University of Michigan 1972 (zitiert nach Garg et al., 1978)
- Chaffin, D.B., und Park, K.S. (1973): A longitudinal study of low-back pain as associated with occupational weight lifting factors. In: *American Industrial Hygiene Association Journal* 34 (1973), S. 513 - 525
- Chen, H.C., und Ayoub, M.M. (1988): Dynamic biomechanical model for non-symmetrical lifting. In: *Human Factors Association of Canada (Hrsg.): Communicating the Human Factors Message. 21st Annual Conference Proceedings, Edmonton 1988*, S. 29 - 32
- Ciriello, V.M., und Snook, S.H. (1983): A study of size, distance, height, and frequency effects on manual handling tasks. In: *Human Factors* 25 (1983), Nr. 5, S. 473 - 483
- Ciriello, V.M., Snook, S.H., Blick, A.C., und Wilkinson, P.L. (1990): The effects of task duration on psychophysically-determined maximum acceptable weights and forces. In: *Ergonomics* 33 (1990), Nr. 2, S. 187 - 200
- Davis, P.R., und Stubbs, D.A. (1977 a): Safe levels of manual forces for young males (1). In: *Applied Ergonomics* 8 (1977), Nr. 3, S. 141 - 150
- Davis, P.R., und Stubbs, D.A. (1977 b): Safe levels of manual forces for young males (2). In: *Applied Ergonomics* 8 (1977), Nr. 4, S. 219 - 228
- Davis, P.R., und Stubbs, D.A. (1978): Safe levels of manual forces for young males (3). In: *Applied Ergonomics* 9 (1978), Nr. 1, S. 33 - 38
- Decoulx, P., und Rieunau, G. (1958): Les fractures du rachis dorso-lombaire sans troubles nerveux. In: *Rev. chir. orthop.* 44 (1958), S. 254 - 322
- Diller, W.F. (1979 a): Zur Röntgen-diagnostik der Wirbelsäule. In: *Zbl. Arbeitsmed.* 29. (1979), Nr. 3, S. 63 - 70
- Diller, W.F. (1979 b): Wirbelsäulenveränderungen als Folge beruflicher Einflüs-

se. In: Zbl. Arbeitsmed. 29 (1979), Nr. 3, S. 70 - 71

Diller, W.F. (1979 c): Wirbelsäulenerkrankungen und berufliche Belastbarkeit aus werksärztlicher Sicht. In: Zbl. Arbeitsmed. 29 (1979), Nr. 3, S. 76 - 78

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) 33 411 (1982): Körperkräfte des Menschen. Teil 1: Begriffe, Zusammenhänge, Bestimmungsgrößen. Beuth Verlag GmbH, Berlin 1982

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) (Entwurf) 33 411 (1984): Körperkräfte des Menschen. Teil 2: Zulässige Grenzwerte von Aktionskräften der Arme. Beuth Verlag GmbH, Berlin 1984

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) 33 411 (1987): Körperkräfte des Menschen. Teil 4: Maximale statische Aktionskräfte (Isodynem). Beuth Verlag GmbH, Berlin 1987

DIN V ENV (Deutsches Institut für Normung e.V.) 26 385 (1990): Prinzipien der Ergonomie in der Auslegung von Arbeitssystemen (ISO 6385: 1985). Beuth Verlag GmbH, Berlin 1990

Drexel, G. (1994): Berufsbedingte Wirbelsäulen-Erkrankungen — ein gesetzgeberischer Flop? In: Zbl. Arbeitsmed. 44 (1994), Nr. 9, S. 318 - 320

Durnin, J.V.G.A., und Passmore, R. (1967): Energy, work and leisure. Heinemann Educational Books LTD, London 1967

Eie, N. (1966): Load capacity of the low back. In: Journal of the Oslo City Hospitals 16 (1966), Nr. 4, S. 74 - 98

Engels, J.A., Landeweerd, J.A., und Kant, Y. (1994): An OWAS-based analysis of nurses' working postures. In: Ergonomics 37 (1994), Nr. 5, S. 909 - 919

Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl (1980): Leistungsgrenzen bei manueller Arbeit. 1980

Evans, F.G., und Lissner, H.R. (1959): Biomechanical studies on the lumbar spine and pelvis. In: The Journal of Bone and Joint Surgery 41A (1959), Nr. 2, S. 278 - 290

Farfan, H.F. (1973): Mechanical disorders of the low back. Lea & Febiger, Philadelphia (USA) 1973

Foitzik, K. (1993): Erfahrungen der Arbeitsmedizin mit der Berufskrankheit „Wirbelsäulenleiden“. In: Rückhalt (1993), Nr. 6, S. 19 - 26

Frigo, C. (1990): Three-dimensional model for studying the dynamic loads

11 Literatur

on the spine and pelvis. In: *Clinical Biomechanics* 5 (1990), S. 143 - 152

Garg, A. (1976): A metabolic rate prediction model for manual material handling jobs. Ph.D. Thesis, Engineering Human Performance Laboratory, The University of Michigan 1976

Garg, A. (1993): Revised NIOSH guide program for manual lifting. A method for job evaluation to prevent overexertion injuries. Version 1.1, University of Wisconsin-Milwaukee 1993

Garg, A., Chaffin, D., und Herrin, G.D. (1978): Prediction of metabolic rates for manual materials handling jobs. In: *American Industrial Hygiene Association Journal* 39 (1978), Nr. 8, S. 661 - 674

Genaidy, A.M., und Asfour, S.S. (1987): Review and evaluation of physiological cost prediction models for manual materials handling. In: *Human Factors* 29 (1987), Nr. 4, S. 465 - 476

GesBergV, (1991): Bergverordnung zum gesundheitlichen Schutz der Beschäftigten (Gesundheitsschutz-Bergverordnung — GesBergV). Beschluß des Bundesrates 171/91, Verlag Dr. Hans Heuger, Bonn 1991

Giesen, T. (1993): Neue Berufskrankheiten. In: *Zbl. Arbeitsmed.* 43 (1993), Nr. 2, S. 39 - 49

Grandjean, E. (1962): *Physiologische Arbeitsgestaltung*. Ott-Verlag, Thun 1962

GUV 1.13 (Gemeindeunfallversicherungsverband Westfalen-Lippe) (1985): Unfallverhütungsvorschrift Forsten. Mitteilungsblatt des Gemeindeunfallversicherungsverbandes Westfalen-Lippe Nr. 1/85, Münster 1985

Häublein, H.-G. (1979): *Berufsbelastung und Bewegungsapparat*. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1979

Hansson, T., Roos, B., und Nachemson, A. (1980): The bone mineral content and ultimate compressive strength of lumbar vertebrae. In: *Spine* 5 (1980), Nr. 1, S. 46 - 55

Hartmann, B. (1994): Vorgehen bei Verdacht der Berufskrankheit Nr. 2108 BeVK: „Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule...“. In: *Zbl. Arbeitsmed.* 44 (1994), Nr. 3, S. 86 - 92

Hartung, E., und Dupuis, H. (1994): Verfahren zur Bestimmung der beruflichen Belastung durch Heben und Tragen schwerer Lasten oder extreme Rumpfbeugehaltung und deren Beurteilung im Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren. In: *Die BG* (1994), Nr. 7, S. 452 - 458

Hartung, P. (1994): Schnelle und wirkungsvolle Abwicklung der Berufskrankheit „Wirbelsäulenerkrankung“. In: ErgoMed 18 (1994), Nr. 4, S. 112 - 116

Havelka, J. (1980): Vergleich der Ergebnisse der Morbiditätsanalyse mit denen aus arbeitsmedizinischen Tauglichkeits-Screening-Untersuchungen bei ausgewählten Tätigkeiten. Z. ges. Hyg. 26 (1980), S. 181 - 187

Hecktor, K. (1994): Realisierung eines Rechnersystems zur Analyse von Lastenmanipulationen. In: Laurig, W., Hecktor, K., und Jäger, M.: Entwicklung eines Expertensystems zur ergonomischen Analyse und Gestaltung von Tätigkeiten des manuellen Lastentransports: ErgonEXPERT. Dokumentation Arbeitswissenschaft, Bd. 36, Otto Schmidt Verlag, Köln 1994, S. 57 - 120

Hecktor, K., und Jäger, M. (1994): Beurteilung von Analyseergebnissen und Ableitung von Gestaltungsvorschlägen. In: Laurig, W., Hecktor, K., und Jäger, M.: Entwicklung eines Expertensystems zur ergonomischen Analyse und Gestaltung von Tätigkeiten des manuellen Lastentransports: ErgonEXPERT. Dokumentation Arbeitswissenschaft, Bd. 36, Otto Schmidt Verlag, Köln 1994, S. 121 - 146

Hecktor, K., Laurig, W., und Jäger, M. (1994): Entwicklung eines wissensbasierten Systems zur Analyse von Lastenmanipulationen: ErgonEXPERT. In: Gärtner, K.-P., Stein, W., und Widdel, H. (Hrsg.): Mensch-Maschine-Systeme und neue Informationstechnologien. Verlag der Augustinus Buchhandlung, Aachen, 1994, S. 355 - 365

Henkel, W., Morgenstern, E., und Rublack, H. (1983): Ergometrische Untersuchung bei Beschäftigten des Binnenhandels. In: Z. ges. Hyg. 29 (1983), Nr. 2, S. 108 - 109

Hettinger, T. (1958): Die Trainierbarkeit menschlicher Muskeln in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht. Int. Z. angew. Physiol. einsch. Arbeitsphysiol. 17 (1958), S. 371 - 377

Hettinger, T. (1971): Heben, Tragen sowie Umsetzen von Lasten durch Frauen. In: Arbeitsschutz. Fachteil des Bundesarbeitsblattes (1971), Nr. 4, S. 89 - 93

Hettinger, T. (1981 a): Heben und Tragen von Lasten — Gutachten über Gewichtsgrenzen für Männer, Frauen und Jugendliche. In: Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.), 1981

Hettinger, T. (1981 b): Methoden zur Erfassung von Belastbarkeit sowie der Belastung und Beanspruchung des Menschen in der Arbeitswelt. Sonderdruck

11 Literatur

aus Arbeitssicherheit: Handbuch für Unternehmensleitung, Betriebsrat und Führungskräfte. Rudolf Haufe Verlag, Freiburg i. Br. 1981

Hettinger, T. (1985 a): Occupational hazards associated with diseases of the skeletal system. In: *Ergonomics* 28 (1985), Nr. 1, S. 69 - 75 (bibliogr. 379 - 405)

Hettinger, T. (1985 b): Statistics on diseases in the Federal Republic of Germany with particular reference to diseases of the skeletal system. In: *Ergonomics* 28 (1985), Nr. 1, S. 17 - 20 (bibliogr. 379 - 405)

Hettinger, T. (1991 a): Handhabung von Lasten: Ergonomische Gesichtspunkte. REFA Fachbuchreihe Betriebsorganisation. Carl Hanser Verlag, München 1991

Hettinger, T. (1991 b): Heben und Tragen von Lasten. In: *sicher ist sicher* (1991), Nr. 4, S. 174 - 182

Hettinger, T., und Eissing, G. (1989): Klima am Arbeitsplatz. In: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): *Arbeitsgestaltung in Produktion und Verwaltung*. Taschenbuch für den Praktiker, Wirtschaftsverlag Bachem, Köln 1989, S. 214 - 238

Hettinger, T., und Hahn, B. (1991): *Schwere Lasten — leicht gehoben*.

Bayerisches Staatsministerium für Arbeit, Familie und Sozialordnung (Hrsg.), München 1991

Hettinger, T., Müller, B.H., und Gebhardt, H. (1989): Ermittlung des Arbeitsenergieumsatzes bei dynamisch-muskulärer Arbeit. Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), Fa 22, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1989

Heuchert, G., Kössler, F., Seidel, H., und Steinberg, U. (1993): Erkrankungen der Wirbelsäule bei körperlicher Schwerarbeit und Ganzkörperschwingungen: Erläuterungen zu den neuen BK-Nummern 2108, 2109, 2110 und zur EG-Richtlinie 90/269/EWG (Heben und Tragen von Lasten). Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin: Sonderschrift 3, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1993

Hierholzer, G., und Hax, P.-M. (1994): Anmerkungen zu den neuen Berufskrankheiten Nr. 2108 - 2110 aus ärztlicher Sicht. In: *Die BG* (1994), Nr. 2, S. 72 - 76

Hutton, W.C., und Adams, M.A. (1982): Can the lumbar spine be crushed in heavy lifting? In: *Spine* 7 (1982), Nr. 6, S. 586 - 590

Hutton, W.C., Cyron, B.M., und Stott, J.R.R. (1979): The compressive strength of lumbar vertebrae. In: *J. Anat.* 129 (1979), S. 753 - 758

ILO (International Labour Office) (1988): Maximum weights in load lifting and carrying. Occupational Safety and Health Series No. 59. Genf 1988

Intaranont, K. (1994): Investigations in Thailand. Unveröffentlichtes Manuskript, Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, 1994

ISO/CD 10228 (Entwurf) (1994): Ergonomics — manual handling — Part 1: Lifting and carrying. ISO/TC 159/SC 3/WG 4, N 37, Juli 1994

Istanbuli, S., und Mainzer, J. (undatiert): PRODIS Info Paket. Heben und Tragen von Lasten. Institut der deutschen Wirtschaft, Köln

Jäger, M. (1987): Biomechanisches Modell des Menschen zur Analyse und Beurteilung der Belastung der Wirbelsäule bei der Handhabung von Lasten. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 17: Biotechnik, Nr. 33, Verlag des Vereins Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1987

Jäger, M. (im Druck): Modellierung und Beurteilung der Belastung der Wirbelsäule beim Handhaben von Lasten. In: Der Unfallchirurg, Springer Verlag

Jäger, M., und Hecktor, K. (1991): ErgonEXPERT — ein wissenschaftliches System zur Analyse und Gestaltung von Lastenmanipulationen. In: Z. Arb.wiss. 45 (17 NF) (1991), Nr. 4, S. 216 - 222

Jäger, M., und Hecktor, K. (1994): Zusammenfassung — Möglichkeiten der erfolgreichen Nutzung von ErgonEXPERT in der betrieblichen Praxis. In: Laurig, W., Hecktor, K., und Jäger, M.: Entwicklung eines Expertensystems zur ergonomischen Analyse und Gestaltung von Tätigkeiten des manuellen Lastentransports: ErgonEXPERT. Dokumentation Arbeitswissenschaft, Bd. 36, 1994, S. 147 - 149

Jäger, M., und Luttmann, A. (1987): Determination of spinal stress by biomechanical model calculations and comparison with spinal mechanical strength. In: Bergmann, G., Kölbl, R., und Rohlmann, A. (Hrsg.): Biomechanics: Basic and Applied Research. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht 1987, S. 473 - 478

Jäger, M., und Luttmann, A. (1988): Determining spinal stress during static and dynamic materials handling using sagittal and spatial biomechanical analyses. In: Human Factors Association of Canada (Hrsg.): Communicating the Human Factors Message. 21st Annual Conference Proceedings, Edmonton 1988, S. 25 - 28

Jäger, M., und Luttmann, A. (1992): The load on the lumbar spine during asymmetrical bi-manual materials handling. In: Ergonomics 35 (1992), Nr. 7/8, S. 783 - 805

11 Literatur

Jäger, M., und Luttmann, A. (1993): Entwicklung eines biomechanischen Modells zur Bestimmung der Belastung der Wirbelsäule. In: Biomedizinische Technik, Ergänzungsband 38 (1993), S. 393 - 394

Jäger, M., und Luttmann, A. (1994): Biomechanische Beurteilung der Belastung der Wirbelsäule beim Handhaben von Lasten. In: Der medizinische Sachverständige 90 (1994), Nr. 5, S. 160 - 164

Jäger, M., Luttmann, A., Laurig, W., und Puhlvers, E. (1983): Biomechanische und elektromyographische Analyse verschiedener Tätigkeiten beim manuellen Lastentransport. In: Hackenbroch, M.H., Refior, H.-J., und Jäger, M. (Hrsg.): Biomechanik der Wirbelsäule. Ergebnisse praxisbezogener Grundlagenforschung. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1983, S. 52 - 57

Jäger, M., Luttmann, A., und Laurig, W. (1984): The load on the spine during the transport of dustbins. In: Applied Ergonomics 15 (1984), Nr. 2, S. 91 - 98

Jäger, M., Luttmann, A., und Laurig, W. (1985): Elektromyographische Untersuchungen ausgewählter Tätigkeiten im Baugewerbe. In: Laurig, W., Gerhard, L., Luttmann, A., Jäger, M., und Nau, H.E. (Bearb.): Untersuchungen zum Gesundheitsrisiko beim Heben und Umsetzen schwerer Lasten im Bauge-

werbe. Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.) Fb 409, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1985, S. 19 - 42

Jäger, M., Luttmann, A., und Laurig, W. (1989): Biomechanik der Lastenmanipulation. In: Konietzko, J., und Dupuis, H. (Hrsg.): Handbuch der Arbeitsmedizin — Arbeitsphysiologie — Arbeitspathologie — Prävention; Kap. V 1.1.2.3, S. 1-16, ecomed verlagsgesellschaft, Landsberg 1989

Jäger, M., Luttmann, A., und Laurig, W. (1991 a): Lumbar load during one-handed bricklaying. In: International Journal of Industrial Ergonomics 8 (1991), S. 261 - 277

Jäger, M., Hecktor, K., und Laurig, W. (1991 b): Wissensbasierte Systeme, ein brauchbares Werkzeug zur menschengerechten Arbeitsgestaltung? Erfahrungen mit dem Pilotprojekt „Ergon-EXPERT“. In: Frese, M., Kasten, C., Skarpelis, C., und Zang-Schleucher, B. (Hrsg.): Software für die Arbeit von morgen. Springer Verlag, Berlin 1991, S. 277 - 288

Jäger, M., Luttmann, A., und Laurig, W. (1992): Ein computergestütztes Werkzeug zur biomechanischen Analyse der Belastung der Wirbelsäule bei Lastenmanipulationen: „Der Dortmunder“. In: Med. Orth. Tech. 112 (1992), Nr. 6, S. 305 - 313

- Jäger, M., Hecktor, K., und Laurig, W. (1994): Ergonomische Methoden zur Beurteilung des Handhabens von Lasten. In: Laurig, W., Hecktor, K., und Jäger, M.: Entwicklung eines Expertensystems zur ergonomischen Analyse und Gestaltung von Tätigkeiten des manuellen Lastentransports: ErgonEXPERT. Dokumentation Arbeitswissenschaft, Bd. 36, Otto Schmidt Verlag, Köln 1994, S. 3 - 55
- Junghanns, H. (1979): Die Wirbelsäule in der Arbeitsmedizin. Teil II: Einflüsse der Berufsarbeit auf die Wirbelsäule. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Bd. 79. Hippokrates Verlag, Stuttgart 1979
- Kaiser, R., und Linke-Kaiser, G. (1992): Verbesserungen der Arbeitsbedingungen im Mauerwerksbau. In: ErgoMed 16 (1992), Nr. 1, S. 14 - 25
- Kant, I., Notermans, J.H.V., und Borm, P.J.A. (1990): Observations of working postures in garages using the Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) and consequent workload reduction recommendations. In: Ergonomics 33 (1990), Nr. 2, S. 209 - 220
- Karhu, O., Härkönen, R., Sorvali, P., und Vepsäläinen, P. (1981): Observing working postures in industry: Examples of OWAS application. In: Applied Ergonomics 12 (1981), Nr. 1, S. 13 - 17
- Karhu, O., Kansj, P., und Kuorinka, I. (1977): Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. In: Applied Ergonomics 8 (1977), Nr. 4, S. 199 - 201
- Karrasch, K., und Müller, E.A. (1951): Das Verhalten der Pulsfrequenz in der Erholungsperiode nach körperlicher Arbeit. Arbeitsphysiologie 14 (1951), S. 369 - 382
- Karwowski, W., Mulholland, N.O., Ward, T.L., Jagannathan, V., und Kirchner jr., R.L. (1986): LIFTAN: An experimental expert system for analysis of manual lifting tasks. In: Ergonomics 29 (1986), Nr. 10, S. 1213 - 1234
- Kawakami, T. (1994): Occupational lumbar load — its evaluation and intervention in Japan and Asia. Unveröffentlichtes Manuskript, Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, 1994
- Kelsey, J.L., Githens, P.B., O'Conner, T., Weil, U., Calogero, J.A., Holford, T.R., White, A.A., Walter, S.D., Ostfeld, A.M., und Southwick, W.O. (1984): Acute prolapsed lumbar intervertebral disc. An epidemiologic study with special reference to driving auto-

11 Literatur

mobiles and cigarette smoking. In: *Spine* 9 (1984), Nr. 6, S. 608 - 613

Kirchner, A., und Kirchner, J.-H. (1993): Innerbetrieblicher Transport. Kein Problem mit handgeschobenen Wagen. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), Dortmund 1993

Kivi, P., und Mattila, M. (1991): Analysis and improvement of work postures in the building industry: application of the computerized OWAS method. In: *Applied Ergonomics* 22 (1991), Nr. 1, S. 43 - 48

Köck, P.G., und Pedersen, E. (1969): Ermittlung von Grenzwerten für Männer und Frauen bei Hebe- und Tragearbeiten in Industrie und Gewerbe. Forschungsauftrag der Arbeitsgemeinschaft zum Studium von Arbeitsbelastungen, durchgeführt vom Arbeitswissenschaftlichen Institut der Technischen Hochschule Wien, 1969

Koelsch, F. (1954): Lehrbuch der Arbeits-hygiene. Band 1: Allgemeine Physiologie und Hygiene der Arbeit. 3. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1954

Krämer, J. (1994 a): Bandscheibenbedingte Erkrankungen. Ursachen, Diagnose, Behandlung, Vorbeugung, Begutachtung. 3. Aufl.. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1994

Krämer, J. (1994 b): Bandscheibenbedingte Erkrankungen als Berufskrankheit. In: *Arbeitsmedizin — Sozialmedizin — Umweltmedizin* 29 (1994), S. 70 - 74

Krause, C., Münzberger, E., und Schultz, K. (1994): Untersuchungen zur subjektiven Akzeptanz von Lastenhandhabungen. In: *Z. Arb.wiss.* 48 (20 NF) (1994), Nr. 3, S. 182 - 185

Krisa, P. (1993): Beweiserleichterungen im Berufskrankheitenrecht durch Belastungsdokumentationen? In: *Die BG* (1993), Nr. 12, S. 788 - 790

Kromodihardjo, S., und Mital, A. (1986): Kinetic analysis of manual lifting activities: Part I — Development of a three-dimensional computer model. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 1 (1986), S. 77 - 90

Kumar, S. (1988): Moment arms of spinal musculature determined from CT scans. In: *Clinical Biomechanics* 3 (1988), S. 137 - 144

Kylian, H., Luttmann, A., Rochol, I., Klimmer, F., und Rutenfranz, J. (1985): Belastung und Beanspruchung bei Tätigkeiten in der mechanischen Weberei. 1. Mitteilung: Tätigkeitsanforderungen und Reaktionen des kardiopulmonalen Systems. In: *Arbeitsmedizin — Sozialmedizin —*

Präventivmedizin 20 (1985), Nr. 10, S. 233 - 238

Landau, K. (1984): Zur Belastung, Beanspruchung und Arbeitsgestaltung beim Vermauern großformatiger Kalksandsteine. Forschungsvereinigung „Kalk – Sand“ e.V. des Bundesverbandes Kalksandsteinindustrie e.V. (Hrsg.) Forschungsbericht, Hannover 1984

Laurig, W. (1974): Beurteilung einseitig dynamischer Muskelarbeit. Schriftenreihe „Arbeitswissenschaft und Praxis“. Bd. 33, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 1974

Laurig, W. (1977): Elektromyographie. In: Willimczik (Hrsg.): Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft. Grundkurs Datenerhebung 1. Limpert Verlag, Bad Homburg v.d.H. 1977, S. 67 - 74

Laurig, W. (1983): Das Problem der Objektivierung des Begriffs „schwere körperliche Arbeit“. In: Zbl. Arbeitsmed. 33 (1983), Nr. 8, S. 242 - 250

Laurig, W. (1992): Grundzüge der Ergonomie. Erkenntnisse und Prinzipien. REFA Fachbuchreihe Betriebsorganisation. 4. Aufl. Beuth Verlag GmbH, Berlin 1992

Laurig, W., und Rombach, V. (1989): Expert systems in ergonomics: requirements and an approach. In: Ergonomics 32 (1989), Nr. 7, S. 795 - 811

Laurig, W., und Smolka, R. (1980): Entwicklung eines tragbaren Speichers und einer Wiedergabeeinheit zur digitalen Erfassung der elektrischen Muskelaktivität für arbeitsmedizinische und arbeitsphysiologische Fragestellungen. In: Biomedizinische Technik 25 (1980), S. 247 - 251

Laurig, W., und Schiffmann, M. (1995): ErgonLIFT. Rechnergestützte Methodik zur Gefährdungsbewertung und Prävention beim manuellen Handhaben von Lasten. Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1995

Laurig, W., Gerhard, L., Luttmann, A., Jäger, M., und Nau, H.-E. (1985): Untersuchungen zum Gesundheitsrisiko beim Heben und Umsetzen schwerer Lasten im Baugewerbe. Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), Fb 409. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1985

Laurig, W., Hecktor, K., und Jäger, M. (1994): Entwicklung eines Expertensystems zur ergonomischen Analyse und Gestaltung von Tätigkeiten des manuellen Lastentransports: ErgonEXPERT. Dokumentation Arbeitswissenschaft, Bd. 36, Otto Schmidt Verlag, Köln 1994

Layer, J., und Lippmann, R. (1993): Rechnergestützte Ermittlung von Tretkräften: Ein neues Modul im Ergonomie-Analyseprogramm ANTHROPOS. In:

11 Literatur

Z. Arb.wiss. 47 (19NF) (1993), Nr. 4, S. 244 - 247

Lehmann, G. (1953): Praktische Arbeitsphysiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1953

Lehmann, G., Müller, E.A., und Spitzer, H. (1950): Der Calorienbedarf bei gewerblicher Arbeit. In: Arbeitsphysiologie 14 (1950), S. 166 - 235

Lippmann, R. (1988): Arbeitsgestaltung mit CAD und ANYBODY. In: REFA-Nachrichten (1988), Nr. 2, S. 5 - 13

Lippmann, R. (1990): Erweitertes Analyseverfahren für den Arbeitsplatz. In: REFA-Nachrichten (1990), Nr. 2, S. 9 - 11

Ludolph, E., und Schröter, F. (1993): Die Berufskrankheiten „Wirbelsäule“. In: Die BG (1993), Nr. 11, S. 738 - 742

Ludolph, E., Spohr, H., und Echtermeyer, V. (1994): Die Berufskrankheiten „Wirbelsäule“ (BK Nr. 2108, 2109, 2110). In: Die BG (1994), Nr. 5, S. 349 - 354

Luttmann, A., und Laurig, W. (1986): Meßverfahren zur Erfassung von Belastung und Beanspruchung einzelner Muskeln und Muskelgruppen. In: Schäcke, G., Mayer, P., und Wolff, H.-J. (Hrsg.): Tagungsbericht:

Berufliche Schädigung des Nervus ulnaris. Internationales Symposium über die berufliche Schädigung des Nervus ulnaris. Bd. 9, Haefner, Heidelberg 1986, S. 75 - 84

Luttmann, A., Kylian, H., Laurig, W., und Jäger, M. (1985): Belastung und Beanspruchung bei Tätigkeiten in der mechanischen Weberei. 2. Mitteilung: Elektromyographische und anthropometrische Analysen. In: Arbeitsmedizin — Sozialmedizin — Präventivmedizin 20 (1985), Nr. 11, S. 261 - 265

Luttmann, A., Jäger, M., Laurig, W., und Schlegel, K.F. (1988 a): Orthopaedic diseases among transport workers. In: Int. Arch. Occup. Environ. Health 61 (1988), S. 197 - 205

Luttmann, A., Jäger, M., und Laurig, W. (1988 b): Surface electromyography in work-physiological field studies for the analysis of muscular strain and fatigue. In: Wallinga, W., Boom, H.B.K., und de Vries, J. (Hrsg.): Electrophysiological kinesiology. exerta medica, Amsterdam 1988, S. 301 - 304

Luttmann, A., Jäger, M., und Laurig, W. (1992): Elektromyographie als Werkzeug zur ergonomischen Arbeitsgestaltung. In: Med. Orth. Tech. 112 (1992), Nr. 6, S. 318 - 322

- Marras, W.S., und Sommerich, C.M. (1991 a): A three-dimensional motion model of loads on the lumbar spine. I. Model structure. In: Human Factors 33 (1991), S. 123 - 137
- Marras, W.S., und Sommerich, C.M. (1991 b): A three-dimensional motion model of loads on the lumbar spine. II. Model validation. In: Human Factors 33 (1991), S. 139 - 149
- Martin, K., Krieger, R., und Windisch, G. (1988): Handhaben von Lasten — Zwei Methoden zur Ermittlung von Grenzlasten. In: REFA-Nachrichten (1988), Nr. 3, S. 5 - 9
- Mattila, M., Karwowski, W., und Vilkki, M. (1993): Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method. In: Applied Ergonomics 24 (1993), Nr. 6, S. 405 - 412
- McCrobie, D. (1994): NIOSH Lifting Calculator. Scottsdale, 1994
- McGill, S.M., und Norman, R.W. (1987): Reassessment of the role of intra-abdominal pressure in spinal compression. In: Ergonomics 30 (1987), Nr. 11, S. 1565 - 1588
- Michael, E.D., Hutton, K.E., und Horvath, S.M. (1961): Cardiorespiratory responses during prolonged exercise. Journal of Applied Physiology 16 (1961), S. 997
- Mital, A., und Kromodihardjo, S. (1986): Kinetic analysis of manual lifting activities: Part II — Biomechanical analysis of task variables. In: International Journal of Industrial Ergonomics 1 (1986), S. 91 - 101
- Mital, A., Nicholson, A.S., und Ayoub, M.M. (1993): A guide to manual materials handling. Taylor & Francis, London 1993
- Mollier, G. (1938): Plastische Anatomie. 2. Aufl. Bergmann-Verlag, München 1938 (zitiert nach Tittel, 1978)
- Morris, J.M., Lucas, D.B., und Bresler, B. (1961): Role of the trunk in stability of the spine. In: The Journal of Bone and Joint Surgery 43 (1961), Nr. 3, S. 327 - 351
- MuSchG (1987): Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter — Mutterschutzgesetz. Bundesgesetzblatt I, 1987, S. 1 - 17
- Nachemson, A. (1959): Measurement of intradiscal pressure. In: Acta Orthop. Scand. 28 (1959), S. 269 - 289
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) (1981): Work practices guide for manual lifting. In:

11 Literatur

- U.S. Department of Health and Human Services (Hrsg.): NIOSH Technical report, Publication No. 81 - 122, Cincinnati 1981
- Pangert, R., und Hartmann, H. (1987):* Ein Maß für die Belastung der Wirbelsäule. In: Z. ges. Hyg. 33 (1987), Nr. 6, S. 307 - 309
- Pangert, R., und Hartmann, H. (1991):* Epidemiologische Bestimmung der kritischen Belastung der Lendenwirbelsäule beim Heben von Lasten. In: Zbl. Arbeitsmed. 41 (1991), S. 193 - 197
- Pangert, R., und Hartmann, H. (1994):* Kritische Dosis für die berufliche Belastung der Lendenwirbelsäule als gutachtliche Entscheidungshilfe. In: Zbl. Arbeitsmed. 44 (1994), S. 124 - 130
- Perey, O. (1957):* Fracture of the vertebral endplate in the lumbar spine. An experimental biomechanical investigation. In: Acta Orthopaedica Scandinavica 25 (1957), S. 1 - 101
- Petrofsky, J.S., und Lind, A.R. (1978 a):* Comparison of metabolic and ventilatory responses of men to various lifting tasks and bicycle ergometry. Journal of Applied Physiology 45 (1978), S. 60 - 63
- Petrofsky, J.S., und Lind, A.R. (1978 b):* Metabolic, cardiovascular and respiratory factors in the development of fatigue in lifting tasks. Journal of Applied Physiology 45 (1978), S. 64 - 68
- Pschyrembel, W. (1994):* Klinisches Wörterbuch. 257. Aufl. de Gruyter, Berlin 1994
- REFA (1984):* Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Teil 1: Grundlagen. In: REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. (Hrsg.), 7. Aufl., Carl Hanser Verlag, München 1984
- REFA (1987):* Handhaben von Lasten. In: REFA-Fachausschuß Chemie (Hrsg.), Manuskriptdruck 1987
- Roaf, R. (1960):* A study of the mechanics of spinal injuries. In: The Journal of Bone and Joint Surgery 42 B (1960), Nr. 4, S. 810 - 823
- Rohmert, W. (1960 a):* Statische Haltearbeit des Menschen. Sonderheft der REFA-Nachrichten. Verband für Arbeitsstudien REFA e.V. (Hrsg.), Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 1960
- Rohmert, W. (1960 b):* Ermittlung von Erholungspausen für statische Arbeit des Menschen. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 18 (1960), S. 123 - 164
- Rohmert, W. (1961):* Untersuchung statischer Haltearbeiten in achtstündigen Arbeitsversuchen. Int. Z. angew. Phy-

siol. einschl. Arbeitsphysiol. 19 (1961), S. 35 - 55

Rohmert, W. (1962): Untersuchung über Muskelermüdung und Arbeitsgestaltung. Schriftenreihe „Arbeitswissenschaft und Praxis“. Habilitationsschrift an der Technischen Universität Aachen und Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 1962

Rohmert, W. (1974): Umdruck zur Vorlesung Arbeitswissenschaft I. Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Hochschule Darmstadt, 1974

Rohmert, W. (1981): Physische Beanspruchung durch muskuläre Belastungen. In: Schmidtke, H. (Hrsg.): Lehrbuch der Ergonomie. Carl Hanser Verlag, München 1981, S. 115 - 131

Rohmert, W. (1984): Das Belastungsbeanspruchungs-Konzept. In: Z. Arb. wiss. 38 (10 NF) (1984), Nr. 4, S. 193 - 200

Rohmert, W., und Hettinger, T. (1963): Körperkräfte im Bewegungsraum. RKW-Reihe Arbeitsphysiologie — Arbeitspsychologie. Hinweise für die Praxis. Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 1963

Rohmert, W., und Jenik, P. (1972): Maximalkräfte von Frauen im Bewegungsraum der Arme und Beine. Schriftenreihe „Arbeitswissenschaft und Praxis“. Bd. 22, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 1972

Rohmert, W., Laurig, W., und Jenik, P. (1974): Ergonomie und Arbeitsgestaltung. Dargestellt am Beispiel des Bahnpostbegleitdienstes. Schriftenreihe „Arbeitswissenschaft und Praxis“, Bd. 31, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 1974

Rombach, V., und Laurig, W. (1988): ErgonEXPERT — a knowledge-based approach to the design of workplaces. In: Aghazadeh, F. (Hrsg.): Trends in Ergonomics/Human Factors V. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam 1988, S. 53 - 61

Rutenfranz, J. (1983): Voraussetzungen und Folgen menschlicher Arbeit: Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft. In: Rohmert, W., und Rutenfranz, J. (Hrsg.): Praktische Arbeitsphysiologie. 3. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1983, S. 99 - 104

Rutenfranz, J. (1985): Energy expenditure constrained by sex and age. Ergonomics 28 (1985), Nr. 1, S. 115 - 118

Rutenfranz, J., Seliger, V., Andersen, K.L., Ilmarinen, J., Flöring, R., Rutenfranz, M., und Klimmer, F. (1977): Erfahrungen mit einem transportablen Gerät zur kontinuierlichen Registrierung der Herzfrequenz für Zeiten bis zu 24 Stunden. In: European Journal of Applied Physiology 36 (1977), S. 171 - 185

11 Literatur

- Scheid, G. (1975): Wenn Handlasten zu schwer sind. In: Der Saarländische Arbeitnehmer (1975), Nr. 2, S. 71 - 73
- Schiffmann, M., Laurig, W., und Vedder, J. (1995): ErgonLIFTwin — Rechnerunterstützte Methodik zur Bewertung und Prävention für das manuelle Handhaben von Lasten. In: Arbeitsmedizin — Sozialmedizin — Umweltmedizin 30 (1995), Nr. 3, S. 101 - 106
- Schmidtke, H. (1989): Ermüdung und Erholung. In: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Arbeitsgestaltung in Produktion und Verwaltung. Taschenbuch für den Praktiker. Wirtschaftsverlag Bachem, Köln 1989, S. 118 - 125
- Siemens (1969): Lastentransport von Hand. Mitteilung aus dem Labor für angewandte Arbeitswissenschaften, Nr. 6, 1969
- Silbernagl, S., und Despopoulos, A. (1991): Taschenatlas der Physiologie. 4. Aufl. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1991
- Snook, S.H. (1978): The design of manual handling tasks. In: Ergonomics 21 (1978), Nr. 12, S. 963 - 985
- Snook, S.H., und Ciriello, V.-M. (1991): The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. In: Ergonomics 34 (1991), Nr. 9, S. 1197 - 1213
- Sokoll, G. (1994): Fortentwicklung des Berufskrankheiten-Rechts aus sozialjuristischer Sicht. In: Die BG (1994), Nr. 2, S. 161 - 163
- Spitzer, H., und Hettinger, T. (1964): Tafeln für den Kalorienumsatz bei körperlicher Arbeit. Sonderheft der REFA-Nachrichten, REFA-Verband für Arbeitsstudien (Hrsg.), Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 1964
- Spitzer, H., Hettinger, T., und Kaminsky, G. (1982): Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit. 6. Aufl., Beuth Verlag GmbH, Berlin 1982
- Steinberg, U., und Windberg, H.-J. (1994): Leitfaden — Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten. Empfehlungen für den Praktiker. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin, Sonder-schrift 9, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1994
- Stößel, U., Hofmann, F., und Mlangeni, D. (1990): Zur Belastung und Beanspruchung der Wirbelsäule bei Beschäftigten im Gesundheitsdienst. Ergebnisse einer Literaturrecherche, Resultate einer Pilotstudie und Konzepte für weitere Forschungsvorhaben, Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst

und Wohlfahrtspflege (Hrsg.), Freiburg 1990

Stoffert, G. (1985): Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-Methode. In: Z. Arb.wiss. 39 (11 NF) (1985), Nr. 1, S. 31 - 38

Stoffert, G., und Timme, U. (1989): Körperhaltungen bei Handarbeiten am Boden: Bücken, Hocken, Knien. In: Z. Arb.wiss 43 (15 NF) (1989), Nr. 2, S. 96 - 105

Thews, G., Mutschler, E., und Vaupel, P. (1989): Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. 3. Aufl. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1989

Tichauer, E.R. (1975): Occupational biomechanics (The anatomical basis of work-place design). Rehabilitation Monograph No. 51. Institute of Rehabilitation Medicine, New York 1975

Tichauer, E.R. (1978): The biomechanical basis of ergonomics. Anatomy applied to the design of work situations. John Wiley & Sons Inc., New York 1978

Tittel, K. (1978): Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1978

Valentin, H., Klosterkötter, W., Lehner, G., Petry, H., Rutenfranz, J., und Wittgens, H. (1971): Arbeitsmedizin. Ein kurzgefaßtes Lehrbuch für Ärzte und Studenten. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1971

VBG 126 (1993 a): Müllbeseitigung (Unfallverhütungsvorschrift). Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.), Carl Heymanns Verlag KG, Köln 1993

VBG 126 (1993 b): Durchführungsanweisungen zur Unfallverhütungsvorschrift Müllbeseitigung. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.), Carl Heymanns Verlag KG, Köln 1993

VBG 19 (1993 a): Unfallverhütungsvorschrift Fleischereimaschinen (VBG 19) vom 1. April 1990 in der Fassung vom 1. Januar 1993. Fleischerei-Berufsgenossenschaft Mainz (Hrsg.), 1993

VBG 19 (1993 b): Durchführungsanweisungen vom 1. April 1990 zur Unfallverhütungsvorschrift Fleischereimaschinen (VBG 19) vom 1. April 1990 in der Fassung vom 1. Januar 1993. Fleischerei-Berufsgenossenschaft Mainz (Hrsg.), 1993

VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (1980): Handbuch der Arbeitsgestaltung

11 Literatur

und Arbeitsorganisation. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1980

Vedder, J., und Laurig, W. (1994 a): ErgonLIFT — Rechner-Programm zur Gefährdungsanalyse beim manuellen Handhaben von Lasten — Umsetzung der EWG-Richtlinie 90/269/EWG. In: Z. Arb.wiss. 48 (20 NF) (1994), Nr. 2, S. 67 - 74

Vedder, J., und Laurig, W. (1994 b): ErgonLIFT — a computer-based tool for evaluation and design of manual materials handling tasks. Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics Association. Human Factors Association of Canada, Mississauga, Ontario, 1994, S. 293 - 295

VFaF (1971): Verordnung über die Beschäftigung von Frauen auf Fahrzeugen. Bundesgesetzblatt I, 1971, S. 1957 - 1959

Videman, T., Nurminen, T., Tola, S., Kuorinka, I., Vanharanta, H., und Troup, J.D.G. (1984): Low-back pain in nurses and some loading factors of work. In: Spine 9 (1984), Nr. 4, S. 400 - 404

Waters, T.R., Putz-Anderson, V., Garg, A., und Fine, L.J. (1993): Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks.

In: Ergonomics 36 (1993), Nr. 7, S. 749 - 776

Wenzel, H.G., und Piekarski, C. (1985): Klima am Arbeitsplatz. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.), 4. Aufl., Max Schick GmbH, München 1985

Wickström, Niskanen, T., und Riihimäki, H. (1985): Strain on the back in concrete reinforcement work. In: British Journal of Industrial Medicine 42 (1985), S. 233 - 239

Woitowitz, H.-J. (1994): Fortentwicklung des BK-Rechts aus arbeits- und sozialmedizinischer Sicht. In: Die BG (1994), Nr. 2, S. 156 - 160

Wyss, T., und Ulrich, S.P. (1954): Festigkeitsuntersuchungen und gezielte Extensionsbehandlung der Lendenwirbelsäule unter Berücksichtigung des Bandscheibenvorfalles. In: Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 99 (1954), Beiheft Nr. 3/4

Yang, L. (1993): Muskel- und Skelettbeschwerden bei Mitarbeitern eines chinesischen Automobilwerks. Ergebnisse einer Feldstudie. Dissertation an der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf, 1993

ZH 1/185, (1991): Sicherheitslehrbrief für Transportarbeiter. Arbeitsgemein-

schaft der Eisen- und Metall-Berufsgenossenschaften (Hrsg.), Carl Heymanns Verlag KG, Köln 1991

Zweite Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung (1992): Bundesgesetzblatt 1, Nr. 59, 1992

11.2 Weiterführende Literatur

Aberg, U., Elgstrand, K., Magnus, P., und Lindholm, A. (1968): Analysis of components and prediction of energy expenditure in manual tasks. In: The International Journal of Production Research 6 (1968), Nr. 3, S. 189 - 196

Anderson, C.K., und Chaffin, D.B. (1986): A biomechanical evaluation of five lifting techniques. In: Applied Ergonomics 17 (1986), Nr. 2, S. 2 - 8

Anthes, R. (1979): Der Bandscheibenschaden — eine Berufskrankheit? In: Zbl. Arbeitsmed. 29 (1979), Nr. 3, S. 79 - 80

Asfour, S.S., Ayoub, M.M., und Mittal, A. (1984): Effects of an endurance and strength training programme on lifting capability of males. In: Ergonomics 27 (1984), Nr. 4, S. 435 - 442

Averkamp, C., Müller, B.H., und Hettinger, T. (1982): Grundlagen zur Darstel-

lung des bewerteten Belastungs-Bearbeitungs-Profils bei heterogener Arbeitsstruktur. In: Z. Arb.wiss. 36 (8 NF) (1982), Nr. 1, S. 17 - 23

Ayoub, M.A. (1977): Optimum design of containers for manual materials handling tasks. In: Applied Ergonomics 2 (1977), Nr. 8, S. 67 - 72

Ayoub, M.A. (1982): Control of manual lifting hazards: III. Preemployment screening. In: Journal of Occupational Medicine 24 (1982), Nr. 10, S. 751 - 761

Ayoub, M.A. (1982): The manual lifting problem: The illusive solution. In: Journal of Occupational Accidents 4 (1982), Nr. 1, S. 1 - 23

Ayoub, M.M., Gidcumb, C.F., Hafez, H., Intaranont, K., Jiang, B.C., und Selan, J.L. (1984): A design guide for manual lifting. Lubbock, Institute for Ergonomics Research 1984

Babel, F., und Wojciechowski, P. (1991): Heben und Tragen im Gesundheitsdienst. Bundesverband der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand e.V. (Hrsg.), 1991

Baldasseroni, A., Tartaglia, R., Biggeri, A., und Carnevale, F. (1991): Lombalgia da sforzo: studio caso-controllo tra i lavoratori dei servizi sanitari di una

11 Literatur

unità sanitaria locale. In: *Med Lav* 82 (1991), Nr. 6, S. 515 - 520

Ballau, R.L., und Buchan, R.M. (1978): Study shows that gender is not a major factor in accident etiology. In: *Occupational Health and Safety* 47 (1978), Nr. 5, S. 54 - 58

Baxter, C.E., Stahlhammar, H., und Troup, J.D.G. (1986): A psychophysical study of heaviness for box lifting and lowering. In: *Ergonomics* 29 (1986), Nr. 9, S. 1055 - 1062

Bendix, T., und Eid, S.E. (1983): The distance between the load and the body with three bi-manual lifting techniques. In: *Applied Ergonomics* 14 (1983), Nr. 3, S. 185 - 192

Bergenudd, H., und Nilsson, B. (1988): Back pain in middle age; occupational workload and psychologic factors: an epidemiologic survey. In: *Spine* 13 (1988), Nr. 1, S. 58 - 60

Billenkamp, G. (1972): Körperliche Belastung und Spondylosis deformans. In: *Fortschr. Röntgenstr.* 116 (1972), Nr. 2, S. 211 - 216

Bobet, J., und Norman, R.W. (1982): Use of the average electromyogram in design evaluation. Investigation of a whole-body task. In: *Ergonomics* 25 (1982), Nr. 12, S. 1155 - 1163

Bolsius, A., Janik, H., Münzberger, E., und Schultz, K. (1994): Die Änderung der Körperhöhe als Indikator für die Beanspruchung der Wirbelsäule beim Umsetzen von Lasten. In: *Z. Arb.wiss.* 48 (20 NF) (1994), Nr. 1, S. 22 - 25

Borghols, E.A.M., Dresen, M.H.W., und Hollander, A.P. (1978): Influence of heavy weight carrying on the cardio-respiratory system during exercise. In: *European Journal of Applied Physiology* 38 (1978), Nr. 3, S. 161 - 169

Bovenzi, M., und Zadini, A. (1992): Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole-body vibration. In: *Spine* 17 (1992), Nr. 9, S. 1048 - 1059

Brauchler, R., und Landau, K. (1994): Wege zur Prognose arbeitsbedingter Erkrankungen — Möglichkeiten und Grenzen beim Aufbau eines epidemiologischen Frühwarnsystems. In: *Zbl. Arbeitsmed.* 44 (1994), Nr. 1, S. 5 - 15

Braun, W. (1969): Ursachen des lumbalen Bandscheibenvorfalles. Hippokrates-Verlag, Stuttgart 1969

Burdorf, A., Govaert, G., und Elders, L. (1991): Postural load and back pain of workers in the manufacturing of prefabricated concrete elements. In: *Ergonomics* 34 (1991), Nr. 7, S. 909 - 918

Butler, D., Andersson, G.B.J., Trafimow, J., Schipplein, O.D., und Andriacchi, T.P. (1993): The influence of load knowledge on lifting technique. In: *Ergonomics* 36 (1993), Nr. 12, S. 1489 - 1493

Cai, R., Laurig, W., Schütte, M., und Yang, L. (1992): Ätiologische Faktoren von Wirbelsäulenerkrankungen in einem Chinesischen Hüttenkombinat. In: *Med. Orth. Tech.* 112 (1992), Nr. 6, S. 296 - 300

Chaffin, D.B. (1987): Occupational biomechanics — a basis for a workplace design to prevent musculoskeletal injuries. In: *Ergonomics* 30 (1987), Nr. 2, S. 321 - 329

Chaffin, D.B., und Andersson, G.B.J. (1991): *Occupational biomechanics*. 2. Aufl. John Wiley & Sons Inc., New York 1991

Chan, O.Y., und Tan, K.A. (1979): Study of lumbar disc pathology among a group of dockworkers. In: *Annals Academy of Medicine* 8 (1979), Nr. 1, S. 81 - 85

Cook, T.M., und Neumann, D.A. (1987): The effects of load placement on the EMG activity of the low back muscles during load carrying by men and women. In: *Ergonomics* 30 (1987), Nr. 10, S. 1413 - 1423

Coury, B.G., und Drury, C.G. (1982): Optimum handle position in a box-holding task. In: *Ergonomics* 25 (1982), Nr. 7, S. 645 - 662

Davis, P.R., und Troup, J.D.G. (1964): Effects on the trunk of handling heavy loads in different postures. In: *Ergonomics* (1964), S. 323 - 327

Davis, P.R., und Troup, J.D.G. (1964): Pressures in the trunk cavities when pulling, pushing and lifting. In: *Ergonomics* (1964), Nr. 7, S. 465 - 474

Deeb, J.M., Drury, C.D., und Begbie, K.L. (1985): Handle positions in a holding task as a function of task height. In: *Ergonomics* 28 (1985), Nr. 5, S. 747 - 763

Dehlin, O., Hedenrud, B., und Horal, J. (1976): Back symptoms in nursing aides in a geriatric hospital. In: *Scand. J. Rehab. Med.* 8 (1976), Nr. 2, S. 47 - 53

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) 33 402 (1984): Körpermaße des Menschen. Teil 2: Werte. Beiblatt 1: Anwendungen von Körpermaßen in der Praxis. Beuth Verlag GmbH, Berlin 1984

Doit, J.L., Aptel, M., und Horwat, F. (1993): Estimation de la contrainte lombaire lors du décollement de plaques d'égout. In: *Cahiers de notes documentaires* 152 (1993), Nr. 3, S. 453 - 460

11 Literatur

- Drury, C.G., Begbie, K., Ulate, C., und Deeb, J.M. (1985): Experiments on wrist deviation in manual materials handling. In: *Ergonomics* 28 (1985), Nr. 3, S. 577 - 589
- Dupuis, H., und Zerlett, G. (1984): Beanspruchung des Menschen durch mechanische Schwingungen. Kenntnisstand zur Wirkung von Ganz-Körper-Schwingungen. Forschungsbericht Ganz-Körper-Schwingungen. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. (Hrsg.), Westkreuz-Druckerei, Berlin 1984
- Ergonomische Gemeinschaftsaktion Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl (1991): Leitlinien für die manuelle Handhabung von Lasten in der Eisen- und Stahlindustrie. Bericht Nr. 16 — Reihe 3, 1991
- Ernst, G., und Kopp, I. (1992): Arbeit im Lager und Umschlag logistischer Systeme: (Teil 1) Arbeits- und Gesundheitsschutz von Umschlag- und Lagerarbeitern. In: *ErgoMed* 16 (1992), Nr. 4, S. 96 - 100
- Ernst, G., und Kopp, I. (1992): Arbeit im Lager und Umschlag logistischer Systeme: (Teil 2) Qualifikation und Qualifizierung von Lager- und Umschlagarbeitern. In: *ErgoMed* 16 (1992), Nr. 6, S. 174 - 177
- Estryn-Behar, M., Kaminski, M., Peigne, E., Maillard, M.F., Pelletier, A., Berthier, C., Delaporte, M.F., Paoli, M.C., und Leroux, J.M. (1990): Strenuous working conditions and musculo-skeletal disorders among female hospital workers. In: *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 62 (1990), S. 47 - 57
- Evans, O.M., Zerbib, Y., Faria, M.H., und Monod, H. (1983): Physiological responses to load holding and load carriage. In: *Ergonomics* 26 (1983), Nr. 2, S. 161 - 171
- Foreman, T.K., Baxter, C.E., und Troup, J.D.G. (1984): Ratings of acceptable load and maximal isometric lifting strengths: the effect of repetition. In: *Ergonomics* 27 (1984), Nr. 12, S. 1283 - 1288
- Franken, S. (1993): Möglichkeiten zur Beurteilung von Arbeitsschutzmaßnahmen aus betriebswirtschaftlicher Sicht unter besonderer Berücksichtigung der Eisen- und Stahlindustrie. Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), Fb 692, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1993
- Freivalds, A. (1987): Comparison of United States (NIOSH Lifting Guidelines) and European (ECSC Force Limits) recommendations for manual work limits. In: *American Industrial Hygiene Association Journal* 48 (1987), Nr. 8, S. 698 - 702

Gaber, W., Pressel, G., und Krieg, L. (1993): Hebe- und Tragetraining in einem Großflughafen: Prävention von Wirbelsäulenbeschwerden bei Ladearbeiten. In: Rückhalt (1993), Nr. 1, S. 18 - 21

Gagnon, D., und Gagnon, M. (1993): The role of general motion principles in asymmetrical lifting. In: International Journal of Industrial Ergonomics 12 (1993), S. 289 - 300

Gagnon, M., Sicard, C., und Sirois, J.-P. (1986): Evaluation of forces on the lumbo-sacral joint and assessment of work and energy transfers in nursing aides lifting patients. In: Ergonomics 29 (1986), Nr. 3, S. 407 - 421

Gagnon, M., Akre, F., Chehade, A., Kemp, F., und Lortie, M. (1987): Mechanical work and energy transfers while turning patients in bed. In: Ergonomics 30 (1987), Nr. 11, S. 1515 - 1530

Garg, A. (1983): Physiological responses to one-handed lift in horizontal plane by female workers. In: American Industrial Hygiene Association Journal 44 (1983), S. 190 - 200

Garg, A., und Ayoub, M.M. (1980): What criteria exist for determining how much load can be lifted safely? In: Human Factors 22 (1980), Nr. 4, S. 475 - 486

Garg, A., und Banaag, J. (1988): Maximum acceptable weights, heart rates and RPEs for one hours' repetitive asymmetric lifting. In: Ergonomics 31 (1988), Nr. 1, S. 77 - 96

Garg, A., und Saxena, U. (1982): Maximum frequency acceptable to female workers for one-handed lifts in the horizontal plane. In: Ergonomics 25 (1982), Nr. 9, S. 839 - 853

Garg, A., und Saxena, U. (1985): Physiological stresses in warehouse operations with special reference to lifting technique and gender: a case study. In: American Industrial Hygiene Association Journal 46 (1985), Nr. 2, S. 53 - 59

Genaidy, A.M., Al-Shedi, A.A., und Karwowski, W. (1994): Postural stress analysis in industry. In: Applied Ergonomics 25 (1994), Nr. 2, S. 77 - 87

Gencoglu, M. (1988): Ein Ansatz zur ergonomischen Planung von Arbeitsabläufen und der Personalkapazität beim manuellen Stückgutumschlag. In: Z. Arb.wiss. 42 (14 NF) (1988), Nr. 2, S. 89 - 95

Gencoglu, M., und Fritz, M. (1986): Ergonomische Ablaufplanung und Beanspruchungsprognose beim manuellen Stückgutumschlag. In: Zbl. Arbeitsmed. 36 (1986), Nr. 6, S. 167 - 172

11 Literatur

Gencoglu, M., Laurig, W., und Kühn, F.M. (1985): Ergonomie beim manuellen Handhaben von Stückgütern. In: *f+h fördern und heben* 35 (1985), Nr. 8, S. 594 - 595

Gerhard, L., Schlegel, K.F., Nau, H.-E., Reinhardt, V., John-Mikolajewski, V., und Blank, M. (1985): Analyse klinischer und morphologischer Befunde bei Patienten mit Bandscheibenerkrankungen. In: *Laurig, W., Gerhard, L., Luttmann, A., Jäger, M., und Nau, H.E.* (Bearb.): *Untersuchungen zum Gesundheitsrisiko beim Heben und Umsetzen schwerer Lasten im Baugewerbe*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), Fb 409, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1985, S. 181 - 275

Givoni, B., und Goldman, R.F. (1971): Predicting metabolic energy cost. In: *Journal of Applied Physiology* 30 (1971), Nr. 3, S. 429 - 433

Gordon, M.J., Goslin, B.R., Graham, T., und Hoare, J. (1983): Comparison between load carriage and grade walking on a treadmill. In: *Ergonomics* 26 (1983), Nr. 3, S. 289 - 298

Grew, N.D. (1980): Intraabdominal pressure response to loads applied to the torso in normal subjects. In: *Spine* 5 (1980), Nr. 2, S. 149 - 154

Grieshaber, R. (1986): Das Heben und Tragen von Lasten. In: *BAD aktuell — Nachrichten aus der Arbeitsmedizin* (1986), Nr. 2

Gruber, J. (1993): Prävention und Rehabilitation von berufsbedingten Rückenleiden. In: *Rückhalt* (1993), Nr. 6, S. 27 - 31

Gruver, W.A., Ayoub, M.A., und Muth, M.B. (1979): A model for optimal evaluation of manual lifting tasks. In: *Journal of Safety Research* 11 (1979), Nr. 2, S. 61 - 71

Habes, D., Carlson, W., und Badger, D. (1985): Muscle fatigue associated with repetitive arm lifts: effects of height, weight and reach. In: *Ergonomics* 28 (1985), Nr. 2, S. 471 - 488

Hagberg, M., Michaelson, G., und Örtelius, A. (1982): Serum creatine kinase as an indicator of local muscular strain in experimental and occupational work. In: *International Archives of Occupational and Environmental Health* 50 (1982), Nr. 4, S. 377 - 386

Hagberg, M., Morgenstern, H., und Kelsh, M. (1992): Impact of occupations and job tasks on the prevalence of carpal tunnel syndrome. In: *Scand. J. Work Environ. Health* 18 (1992), Nr. 6, S. 337 - 345

Harber, P., Billet, E., Gutowski, M., Soo-Hoo, K., Lew, M., und Roman, A. (1985): Occupational low-back pain in hospital nurses. In: Journal of Occupational Medicine 27 (1985), Nr. 7, S. 518 - 524

Hartmann, R. (1991): Herz-Kreislauf-Krankheiten als arbeitsbezogene Erkrankungen — individuelle, betriebliche und soziale Risiken. In: Zbl. Arbeitsmed. 41 (1991), S. 142 - 150

Havelka, J. (1982): Der berufsunfähige Häuer vor Streb — Beitrag der Arbeitsmedizin und Ergonomie im Prozeß der betrieblichen Rehabilitation im Mansfelder Kupferschieferbergbau. In: Z. ges. Hyg. 28 (1982), Nr. 10, S. 704 - 711

Health and Safety Executive (1992): Manual handling. Manual handling operations regulations 1992. Guidance on regulations, London 1992

Heinz, K., und Harsch, W. (1987): Hilfsmittel zur Gestaltung der Arbeitsmethode bei Transport- und Umschlagstätigkeiten. In: REFA-Nachrichten (1987), Nr. 3, S. 20 - 23

Heliövaara, M. (1987): Body height, obesity, and risk of herniated lumbar intervertebral disc. In: Spine 12 (1987), Nr. 5, S. 469 - 472

Heliövaara, M. (1987): Occupation and risk of herniated lumbar intervertebral disc or sciatica leading to hospitalization. In: J. Chron. Dis. 40 (1987), Nr. 3, S. 259 - 264

Herbert, L., und Miller, G. (1987): Newer heavy load lifting methods help firms reduce back injuries. Studies indicate that the lordotic method of lifting may be more effective than the „pelvic tilt“. In: Occupational Health and Safety 56 (1987), Nr. 2, S. 57 - 60

Hettinger, T. (1984): Verhütung von Schäden durch Heben und Tragen von Lasten. In: Die BG (1984), Nr. 2, S. 96 - 101

Heuchert, G., Bräunlich, A., Enderlein, G., Kreibich, H., Oberdoerster, G., Stark, H., und Wolke, P. (1989): Fahnung nach Interventionsschwerpunkten zur Prävention chronischer Krankheiten bei im Gesundheitsdienst beschäftigten Frauen. In: Z. ges. Hyg. 35 (1989), Nr. 12, S. 693 - 696

Holmström, E.B., Lindell, J., und Moritz, U. (1992): Low back and neck/shoulder pain in construction workers: occupational workload and psychosocial risk factors. Part 1: Relationship to low back pain. In: Spine 17 (1992), Nr. 6, S. 663 - 671

11 Literatur

Holmström, E.B., Lindell, J., und Moritz, U. (1992): Low back and neck/shoulder pain in construction workers: occupational workload and psychosocial risk factors. Part 2: Relationship to neck and shoulder pain. In: *Spine* 17 (1992), Nr. 6, S. 672 - 677

Holzmann, P. (1982): ARBAN — A new method for analysis of ergonomic effort. In: *Applied Ergonomics* 13 (1982), Nr. 2, S. 82 - 86

Hosler, W.W., und Morrow, J.R. (1982): Arm and leg strenght compared between young women and men after allowing for differences in body size and composition. In: *Ergonomics* 25 (1982), Nr. 4, S. 309 - 313

Hsiang, S.H., und Ayoub, M.M. (1994): Development of methodology in biomechanical simulation of manual lifting. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 13 (1994), S. 271 - 288

HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften) (1994): *Wirbelsäule und Beruf. Kongreßbericht zum Forum der gewerblichen Berufsgenossenschaften im Rahmen der REHA 93. na und? Design und Werbung*, Brühl 1994

Jäger, M. (1989): Maximalkräfte des Menschen. In: Konietzko, J., und Dupuis, H. (Hrsg.): *Handbuch der Arbeits-*

medizin — Arbeitsphysiologie — Arbeitspathologie — Prävention, Kap. V 1.1.2.2, S. 1 - 9, ecomed verlagsgesellschaft, Landsberg 1989

Jäger, M. (1994): Lumbar load during uni and bi-manual sagittal pulling. Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics Association. Human Factors Association of Canada, Mississauga, Ontario, 1994, S. 265 - 267

Jäger, M., und Luttmann, A. (1989): Biomechanical analysis and assessment of lumbar stress during load lifting using a dynamic 19-segment human model. In: *Ergonomics* 32 (1989), Nr. 1, S. 93 - 112

Jäger, M., und Luttmann, A. (1991): Compressive strength of lumbar spine elements related to age, gender, and other influencing factors. In: Anderson, P.A., Hobart, D.J., und Danoff, J.V. (Hrsg.): *Electromyographical Kinesiology*. Elsevier Science Publishers B. V. (Biomedical Division), Amsterdam 1991, S. 291 - 294

Jäger, M., Luttmann, A., und Laurig, W. (1990): Die Belastung der Wirbelsäule beim Handhaben von Lasten. In: *Orthopäde* 19 (1990), S. 132 - 139

Jones, D.F. (1983): Back injury research: Have we overlooked something? In:

Journal of Safety Research 14 (1983),
Nr. 2, S. 53 - 64

Jürgens, W.W., Koch, H., Braemer, M.,
und Pernack, E.-F. (1990): Arbeitsbedin-
gungen und Gesundheitszustand von Be-
schäftigten in der Landwirtschaft der
DDR. In: Z. Arb.wiss. 44 (16 NF)
(1990), Nr. 4, S. 199 - 204

Junghanns, H. (1931): Altersveränderun-
gen der menschlichen Wirbelsäule —
III. Häufigkeit und anatomisches Bild
der Spondylosis deformans. In: Archiv
für klinische Chirurgie 166 (1931),
S. 120 - 135

Junghanns, H. (1979): Die Wirbelsäule
in der Arbeitsmedizin, Teil 1: Biomecha-
nische und biochemische Probleme der
Wirbelsäulenbelastung. Hippokrates
Verlag, Stuttgart 1979

Kamon, E., Kiser, D., und Pytel, J.L.
(1982): Dynamic and static lifting capa-
city and muscular strength of steelmill
workers. In: American Industrial Hygiene
Association Journal 43 (1982), Nr. 11,
S. 853 - 857

Kaplan, R.M., und Deyo, R.A. (1988):
Back pain in health care workers. In:
Occupational Medicine: State of the Art
Reviews 3 (1988), Nr. 1, S. 61 - 73

Karvonen, M.J., Mainzer, J., Roh-
mert, W., Löwenthal, I., Undeutsch, K.,

Küpper, R., Gärtner, K.H., und Ruten-
franz, J. (1980): Occupational health
studies on airport transport workers. II.
Muscle strength of airport transport wor-
kers. In: International Archives of Occu-
pational and Environmental Health 47
(1980), Nr. 3, S. 233 - 244

Karwowski, W., und Mital, A. (1986):
Development of a safety index for
manual lifting tasks. In: Applied Ergono-
mics 17 (1986), Nr. 1, S. 58 - 64

Karwowski, W., und Yates, J.W. (1986):
Reliability of the psychophysical
approach to manual lifting of liquids by
females. In: Ergonomics 29 (1986),
Nr. 2, S. 237 - 248

Kelsey, J.L., Githens, P.B., Walter, S.D.,
Southwick, W.O., Weil, U., Hol-
ford, T.R., Ostfeld, A.M., Caloge-
ro, J.A., O'Connor, T., und White, A.A.
(1984): An epidemiological study of
acute prolapsed cervical intervertebral
disc. In: The Journal of Bone and Joint
Surgery 66 A (1984), S. 907 - 914

Kelsey, J.L., Githens, P.B., White III,
A.A., Holford, T.R., Walter, S.D.,
O'Conner, T., Ostfeld, A.M., Weil, U.,
Southwick, W.O., und Calogero, J.A.
(1984): An epidemiologic study of lifting
and twisting on the job and risk for acu-
te prolapsed lumbar intervertebral disc.
In: Journal of Orthopaedic Research 2
(1984), Nr. 1, S. 61 - 66

11 Literatur

- Keßler, R. (1993): Untersuchungen der Verhältnisse beim Beschicken und Entladen von Räucherwagen im Hinblick auf die Gesundheitsgefährdung durch schweres Heben und Tragen von Lasten — Erarbeitung von Vorschlägen, die Belastung der Mitarbeiter an diesen Arbeitsplätzen vor allem in der Fleischwarenindustrie zu minimieren. *Fleischerei-Berufsgenossenschaft (Hrsg.)*, 1993
- Klinkhammer, H. (1982): Zum Beschäftigungsverbot von Frauen und weiblichen Jugendlichen im Bauhauptgewerbe. In: *Arbeit und Recht* (1982), Nr. 5, S. 155 - 159
- Klotzbücher, E. (1987): Skelett- und Bewegungssystem und Arbeitsbeanspruchung. In: *Zbl. Arbeitsmed.* 37 (1987), S. 143 - 148
- Knauth, P., und Rutenfranz, J. (1983): Gestaltung der Arbeitsorganisation: Arbeitszeit. In: Rohmert, W., und Rutenfranz, J. (Hrsg.): *Praktische Arbeitsphysiologie*. 3. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1983, S. 356 - 358
- Kobryn, U., Hoffmann, B., und Küchler, G. (1981): Effects of repeated fatiguing rhythmical hand work. In: *European Journal of Applied Physiology* 47 (1981), Nr. 3, S. 271 - 279
- Kössler, F., und Heuchert, G. (1993): Epidemiologische und pathophysiologische Erkenntnisse zur Bandscheibenschädigung im Arbeitsprozeß. In: *ErgoMed* 17 (1993), Nr. 5, S. 134 - 139
- Kramer, H., Rehfeldt, H., und Mucke, R. (1981): Einige arbeitsphysiologische Aspekte der Herz-Kreislaufreaktionen bei statischer Muskelarbeit. In: *Z. ges. Hyg.* 27 (1981), Nr. 1, S. 34 - 38
- Kramos, P. (1975): New rules fight back injuries. In: *The International Journal of Occupational Health and Safety* 44 (1975), Nr. 5, S. 42 - 44
- Kristen, H., Lukeschitsch, G., und Rammach, W. (1981): Untersuchung der Lendenwirbelsäule bei Kleintransportarbeitern. 16 (1981), Nr. 9, S. 226 - 229
- Kumar, S. (1984): The physiological cost of three different methods of lifting in sagittal and lateral planes. In: *Ergonomics* 27 (1984), Nr. 4, S. 425 - 433
- Kumar, S. (1990): Cumulative load as a risk factor for back pain. In: *Spine* 15 (1990), Nr. 12, S. 1311 - 1316
- Laas, S. (1979): Wirbelsäulenerkrankungen und berufliche Belastbarkeit aus der Sicht des Orthopäden. In: *Zbl. Arbeitsmed.* 29 (1979), Nr. 3, S. 71 - 73
- Laurig, W., und Rohmert, W. (1973): Ansätze zur Beurteilung von Belastung

und Beanspruchung vorwiegend energetisch-effektorischer Arbeit. In: *IfaA-Mitteilungen* 39/1 (1973), Nr. 11, S. 956

Laurig, W., Luttmann, A., und Jäger, M. (1987): Evaluation of strain in shop-floor situations by means of electromyographic investigations. In: *Asfour, S.S.* (Hrsg.): *Trends in Ergonomics-Human Factors IV*. Elsevier Science Publishers B. V., North-Holland 1987, S. 685 - 692

Leamon, T.B. (1994): Short communication. L5 - S1: So who is counting? In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 13 (1994), S. 259 - 265

Legg, S.J., und Mahanty, A. (1986): Energy cost of backpacking in heavy boots. In: *Ergonomics* 29 (1986), Nr. 3, S. 433 - 438

Leskinen, T.P., Stalhammar, H.R., Kuorinka, I.A.A., und Troup, J.D.G. (1983): A dynamic analysis of spinal compression with different lifting techniques. In: *Ergonomics* 26 (1983), Nr. 6, S. 595 - 604

Letbetter, D.G. (1982): Design criteria for safer manual lifting by men and women. *Proceedings of the Human Factors Society — 26th Annual Meeting, 1982*

Levine, L., Evans, W.J., Winsmann, F.R., und Pandolf, K.B. (1982): Prolonged

self-paced hard physical exercise comparing trained and untrained men. In: *Ergonomics* 25 (1982), Nr. 5, S. 393 - 400

Leyshon, G.E., und Francis, H.W.S. (1975): Lifting Injuries in Ambulance Crews. In: *Public Health* 89 (1975), S. 71 - 75

Lloyd, M.H., Gauld, S., und Soutar, C.A. (1986): Epidemiologic study of back pain in miners and office workers. In: *Spine* 11 (1986), Nr. 2, S. 136 - 140

Löhr, E. (1964): Ergebnisse einer Reihenuntersuchung von Fachern als Beitrag zur Frage des arbeitsbedingten Bandscheibenschadens. In: *Das Deutsche Gesundheitswesen* 19 (1964), S. 2383 - 2389

Luttmann, A., und Jäger, M. (1992): Reduction of muscular strain by work design: Electromyographical field studies in a weaving mill. In: *Kumar, S.* (Hrsg.): *Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV*, Taylor & Francis 1992, S. 553 - 560

Luttmann, A., und Laurig, W. (1988): Biomechanische Beurteilung der Belastung der Wirbelsäule bei der Manipulation von Lasten. In: *Hohmann, D., Kügelgen, B., und Liebig, K.* (Hrsg.): *Neuroorthopädie 4*, Springer-Verlag, Berlin 1988, S. 330 - 336

11 Literatur

- Luttmann, A., Jäger, M., Schoo, K.-C., Laurig, W., und Puhlers, E. (1985): Wirkung erhöhter Wirbelsäulenbelastung beim Lastentransport auf die Häufigkeit von Rückenbeschwerden. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.): Untersuchungen zum Gesundheitsrisiko beim Heben und Umsetzen schwerer Lasten im Baugewerbe, Fb 409, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1985, S. 123 - 180
- Luttmann, A., Jäger, M., und Laurig, W. (1991): Task analysis and electromyography for bricklaying at different wall heights. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 8 (1991), S. 247 - 260
- Luttmann, A., Laurig, W., und Jäger, M. (1992): Logistical and ergonomic transportation capacity for refuse collection workers: a work physiology field study. In: *Ergonomics* 35 (1992), Nr. 9, S. 1045 - 1061
- Mach, J., Heitner, H., und Ziller, R. (1976): Die Bedeutung der beruflichen Belastung für die Entstehung degenerativer Wirbelsäulenveränderungen. In: *Z. ges. Hyg.* 22 (1976), S. 352 - 354
- Magnusson, M., Örtengren, R., Andersson, G.B.J., Petersen, I., und Sabel, B. (1987): An ergonomic study of work methods and physical disorders among professional butchers. In: *Applied Ergonomics* 18 (1987), Nr. 1, S. 43 - 50
- Magora, A. (1972): Investigation of the relation between low back pain and occupation. 3 physical requirements: sitting, standing and weight lifting. In: *Industrial Medicine* 41 (1972), Nr. 12, S. 5 - 9
- Mairiaux, P., Davis, P.R., Stubbs, D.A., und Baty, D. (1984): Relation between intra-abdominal pressure and lumbar moments when lifting weights in erect posture. In: *Ergonomics* 27 (1984), Nr. 8, S. 883 - 894
- Merkblatt LAS 063 (1982): Heben und Tragen von Lasten. Bayerisches Landesinstitut für Arbeitsschutz (Hrsg.) (1982)
- Mital, A. (1984): Comprehensive maximum acceptable weight of lift database for regular 8-hour work shift. In: *Ergonomics* 27 (1984), Nr. 11, S. 1127 - 1138
- Mital, A. (1984): Maximum weights of lift acceptable to male and female industrial workers for extended work shifts. In: *Ergonomics* 27 (1984), Nr. 11, S. 1115 - 1126
- Mital, A. (1984): Prediction of maximum weights of lift acceptable to male and female industrial workers. In: *Journal of Occupational Accidents* 5 (1984), Nr. 4, S. 223 - 231
- Mital, A. (1985): Models for predicting maximum acceptable weights of lift and

heart rate and oxygen uptake at that weight. In: *Journal of Occupational Accidents* 7 (1985), Nr. 2, S. 75 - 82

Mital, A., und Ayoub, M.M. (1981): Effect of task variables and their interactions in lifting and lowering loads. In: *American Industrial Hygiene Association Journal* 42 (1981), Nr. 2, S. 134 - 142

Monod, H., und Zerbib, Y. (1985): Sex-related differences in the manual carriage of loads. In: *Ergonomics* 28 (1985), Nr. 1, S. 125 - 129

Moser, R., Müller, B.H., und Hettinger, T. (1982): Untersuchungen zur digitalen Simulation des Pulsfrequenzverlaufs bei sprungförmigen Belastungsänderungen. In: *Z. Arb.wiss.* 36 (8NF) (1982), Nr. 3, S. 149 - 152

Müller, B.H., Moser, R., Gebhardt, H., und Korzek, T. (1992): Vergleich von Modellfunktionen zur Simulation der Arbeitspulsfrequenz bei dynamisch-muskulärer Belastung. In: *Z. Arb.wiss.* 46 (18 NF) (1992), Nr. 1, S. 1 - 7

Müller, E.A., und Rohmert, W. (1959): Erholungszuschläge bei Arbeitswechsel. *Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen*, Nr. 768, Westdeutscher Verlag, Köln 1959

Müller, E.A., Vetter, K., und Blümel, E. (1958): Transport by muscle power over

short distances. In: *Ergonomics* 1 (1958), S. 222 - 225

Müller, K.-W., Ernst, J., und Strasser, H. (1988): Eine Methode zur Fraktionierung der elektromyographischen Aktivität bei Beanspruchungsanalysen von repetitiven Tätigkeiten. In: *Z. Arb.wiss.* 42 (14 NF) (1988), Nr. 3, S. 147 - 153

Muthmann, D. (1979): Wirbelsäulenerkrankungen und berufliche Belastbarkeit aus der Sicht des Rehabilitationsarztes. In: *Zbl. Arbeitsmed.* 29 (1979), Nr. 3, S. 74 - 76

Nemeth, G., und Ekholm, J. (1985): A biomechanical analysis of hip compression loading during lifting. In: *Ergonomics* 28 (1985), Nr. 2, S. 229 - 440

Nesper-Klump, U., und Hettinger, T. (1986): Kennzeichnung und Bewertung dynamisch muskulärer Belastungsabschnitte mittels äquivalenter Belastungen. In: *Z. Arb.wiss.* 40 (12 NF) (1986), Nr. 4, S. 240 - 245

Nienhaus, A., Elsner, G., und Beck, W. (1992): Zur Frage berufsbedingter degenerativer Diskopathien im Lendenwirbelsäulenbereich. In: *Arbeitsmedizin — Sozialmedizin — Präventivmedizin* 27 (1992), Nr. 10, S. 415 - 422

Pangert, R. (1994): Arbeiten mit der NIOSH-Formel. In: *sicher ist sicher* 45 (1994), Nr. 5, S. 226

11 Literatur

- Pause, B., Tielsch, R., und Hettinger, T.* (1993): Untersuchungen zu Arbeitsbelastungen und -beanspruchungen in Betrieben der keramischen Industrie der neuen Bundesländer. In: *Die BG* (1993), Nr. 12, S. 780 - 783
- Peacock, B.* (1980): The physical workload involved in parcel handling. In: *Ergonomics* 23 (1980), Nr. 5, S. 417 - 424
- Pinzke, S.* (1994): A computerised system for analysing working postures in agriculture. In: *International Journal of Industrial Ergonomics* 13 (1994), S. 307 - 315
- Prezant, B., Demers, P., und Strand, K.* (1987): Back problems, training experience, and use of lifting aids among hospital nurses. In: *Asfour, S.S.* (Hrsg.): *Trends in Ergonomics — Human Factors IV.* Elsevier Science Publishers B. V., North-Holland 1987, S. 839 - 846
- Rau, G.* (1977): Anwendung der Elektromyographie bei der Beurteilung körperlicher Momentan- und Langzeitbeanspruchung. In: *Z. Arb.wiss.* 31 (3 NF) (1977), Nr. 2, S. 112 - 120
- Riihimäki, H.* (1985): Back pain and heavy physical work: a comparative study of concrete reinforcement workers and maintenance house painters. In: *Brit. J. Industr. Med.* 42 (1985), S. 226 - 232
- Riihimäki, H., Wickström, G., Hänninen, K., Mattsson, T., Waris, P., und Zitting, A.* (1989): Radiographically detectable lumbar degenerative changes as risk indicators of back pain. A cross-sectional epidemiologic study of concrete reinforcement workers and house painters. In: *Scand. J. Work Environ. Health* 15 (1989), Nr. 4, S. 280 - 285
- Rohmert, W., Rückert, A., und Schaub, K.* (1992): *Körperkräfte des Menschen.* Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Hochschule Darmstadt (Hrsg.), 1992
- Rohmert, W., Berg, K., Bruder, R., und Schaub, K.* (1994): *Kräfteatlas. Teil 1: Datenauswertung statischer Aktionskräfte.* Bundesanstalt für Arbeitsmedizin (Hrsg.), Fb 09.004, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1994
- Rohmert, W., Berg, K., Bruder, R., und Schaub, K.* (1994): *Kräfteatlas. Teil 2: Literaturzusammenstellung.* Bundesanstalt für Arbeitsmedizin (Hrsg.), Fb 09.004, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1994
- Rudolph, H., Schaefer, P., und Schwarz, W.* (1994): Ansätze zur Verbesserung des Burandt-Schultetus-Verfahrens zur Bestimmung zulässiger Armkräfte. In:

Z. Arb.wiss. 48 (20 NF) (1994), Nr. 1, S. 54 - 59

Rühmann, H., und Schmidtke, H. (1992): Körperkräfte des Menschen — Perzentilierung isometrischer Maximalkräfte sowie Ausdauer und Beanspruchung bei konzentrischer und exzentrischer Muskelarbeit. In: Z. Arb.wiss. 46 (18 NF) (1992), Nr. 1, S. 55 - 56

Sämann, W. (1970): Charakteristische Merkmale und Auswirkungen ungünstiger Arbeitshaltungen. REFA-Verband für Arbeitsstudien e.V. (Hrsg.), Bd. 17, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 1970

Sairanen, E., Brühner, L., und Kaskinen, M. (1981): Felling work, low-back pain and osteoarthritis. In: Scand. J. Work Environ. Health 7 (1981), Nr. 1, S. 18 - 30

Sanches, J., Monod, H., und Chabaud, F. (1979): Effects of dynamic, static and combined work on heart rate and oxygen consumption. In: Ergonomics 22 (1979), Nr. 8, S. 935 - 943

Schröter, G., und Rademacher, W. (1971): Die Bedeutung von Belastung und außergewöhnlicher Haltung für das Entstehen von Verschleißschäden der HWS — dargestellt an einem Kollektiv von Fleischabträgern. In: Z. ges. Hyg. 6 (1971), Nr. 17, S. 841 - 843

Schütte, M., und Linke-Kaiser, G. (1992): Untersuchung der Häufigkeit von Wirbelsäulen- und Gelenkbeschwerden bei Maurern. In: Med. Orth. Tech. 112 (1992), Nr. 6, S. 301 - 304

Seo, A., Kakehashi, M., Tsuru, S., Amran, A., Paeng, J., und Yoshinaga, F. (1993): Development of a system for analyzing working postures. In: Industrial Health 31 (1993), S. 69 - 77

Sieber, W. (1971): Die Abhängigkeit der Erholungspulssumme und der Erholungsdauer von der Pulsfrequenz bei einständigen Arbeitsversuchen. In: Int. Z. angew. Physiol. 30 (1971), S. 65 - 72

Skovron, M.L., Mulvihill, M.N., Sterling, R.C., Nordin, M., Tougas, G., Gallagher, M., und Speedling, E.J. (1987): Work organization and low back pain in nursing personnel. In: Ergonomics 30 (1987), Nr. 2, S. 359 - 366

Smith, J.L., und Jiang, B.C. (1984): A manual material handling study of bag lifting. In: American Industrial Hygiene Association Journal 45 (1984), Nr. 8, S. 505 - 508

Smith, J.L., Smith, L.A., und McLaughlin, T.M. (1982): A biomechanical analysis of industrial manual materials handlers. In: Ergonomics 25 (1982), Nr. 4, S. 299 - 308

11 Literatur

- Soule, R.G., Pandolf, K.B., und Goldman, R.F. (1978): Energy expenditure of heavy load carriage. In: *Ergonomics* 21 (1978), Nr. 5, S. 373 - 381
- Stalhammar, H.R., Leskinen, T.P.J., Kuorinka, I.A.A., Gautreau, M.H.J., und Troup, J.D.G. (1986): Postural, epidemiological and biomechanical analysis of luggage handling in an aircraft luggage compartment. In: *Applied Ergonomics* 17 (1986), Nr. 3, S. 177 - 183
- Stoffert, G., und Timme, U. (1987): Sind Frauen für Bückarbeiten besser geeignet? In: *Z. Arb.wiss.* 41 (13 NF) (1987), Nr. 3, S. 174 - 184
- Strasser, H. (1992): Luftzusammensetzung und Druckänderungen. Anpaßbarkeit und Grenzen respiratorischer Mechanismen. In: *Z. Arb.wiss.* 46 (18 NF) (1992), Nr. 1, S. 817
- Stubbs, D.A., Buckle, P.W., Hudson, M.P., Rivers, P.M., und Worringham, C.J. (1983): Back pain in nursing profession. I. Epidemiology and pilot methodology. In: *Ergonomics* 26 (1983), Nr. 8, S. 755 - 765
- Thiehoff, R. (1993): Neue Ansätze zur Ermittlung der gesellschaftlichen Folgekosten von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Erkrankungen. Fachgespräch am 15. Dezember 1989 — Tagungsbericht. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), *Wirtschaftsverlag NW*, Bremerhaven 1993
- Törner, M., Zetterberg, C., Andén, U., Hansson, T., und Lindell, V. (1991): Workload and musculoskeletal problems: a comparison between welders and office clerks (with reference also to fishermen). In: *Ergonomics* 34 (1991), Nr. 9, S. 1179 - 1196
- Tola, S., Riihimäki, H., Videman, T., Viikari-Juntura, E., und Hänninen, K. (1988): Neck and shoulder symptoms among men in machine operating, dynamic physical work and sedentary work. In: *Scand. J. Work Environ. Health* 14 (1988), Nr. 5, S. 299 - 305
- Troup, J.D.G., Leskinen, T.P.J., Stalhammar, H.R., und Kuorinka, I.A.A. (1983): A comparison of intraabdominal pressure increases, hip torque, and lumbar vertebral compression in different lifting techniques. In: *Human Factors* 25 (1983), Nr. 5, S. 517 - 525
- Undeutsch, K., Küpper, R., Löwenthal, I., Gärtner, K.H., Luopajarvi, T., Rautenberg, K., Karvonen, M.J., und Rutenfranz, J. (1982): Arbeitsmedizinische Untersuchungen über Ladearbeiten auf einem Großflughafen. III. Untersuchungen über orthopädische Beschwerden bei Ladern eines Großflughafens. In: *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 50 (1982), S. 59 - 75

Venning, P.J., Walter, S.D., und Stitt, L.W. (1987): Personal and job-related factors as determinants of incidence of back injuries among nursing personnel. In: *Journal of Occupational Medicine* 29 (1987), Nr. 10, S. 820 - 825

Videman, T., Rauhala, H., Asp, S., Lindström, K., Cedercreutz, G., Kämppi, M., Tola, S., und Troup, J.D.G. (1989): Patient-handling skill, back injuries, and back pain. In: *Spine* 14 (1989), Nr. 2, S. 148 - 156

Viikari-Juntura, E. (1983): Neck and upper limb disorders among slaughterhouse workers. In: *Scand. J. Work Environ. Health* 9 (1983), Nr. 3, S. 283 - 290

Waters, T., Putz-Anderson, V., und Garg, A. (1993): Applications manual for the revised NIOSH lifting equation. U.S. Department of health and human services (Hrsg.), Cincinnati 1993

Wells, J.A., Zipp, J.F., Schuette, P.T., und McEleney, J. (1983): Musculoskeletal disorders among letter carriers. In: *Journal of Occupational Medicine* 25 (1983), Nr. 11, S. 814 - 820

Wiikeri, M., Nummi, J., Riihimäki, H., und Wickström, G. (1978): Radiological-

ly detectable lumbar disc degeneration in concrete reinforcement workers. In: *Scand. J. Work Environ. Health* 4 (1978), Nr. suppl. 1, S. 47 - 53

Williams, C.A., Petrofsky, J.S., und Lind, A.R. (1982): Physiological response of women during lifting exercise. In: *European Journal of Applied Physiology* 50 (1982), Nr. 1, S. 133 - 144

Winkel, J., und Mathiassen, S.E. (1994): Assessment of physical work load in epidemiologic studies: concepts, issues and operational considerations. In: *Ergonomics* 37 (1994), Nr. 6, S. 979 - 988

Winkelmoen, G.H.M., Landeweerd, J.A., und Drost, M.R. (1994): An evaluation of patient lifting techniques. In: *Ergonomics* 37 (1994), Nr. 5, S. 921 - 932

Yates, J.W., und Karwowski, W. (1987): Maximum acceptable lifting loads during seated and standing work positions. In: *Applied Ergonomics* 18 (1987), Nr. 3, S. 239 - 243

Yoshida, T., Goto, M., Nagira, T., Ono, A., Fujita, I., Goda, S., und Bando, M. (1971): Studies on low back pain among workers in small scale construction companies. In: *Japan Journal of Industrial Health* 13 (1971), S. 37 - 45

11 Literatur

Zoike, E., und Sinha, M. (1993):
Rückenleiden sind ein bedrohlicher Ko-
stenfaktor im Gesundheitswesen. In:
Rückhalt (1993), Nr. 3, S. 38 - 47

Zuidema, H. (1985): Risks of indivi-
dual occupations in the Netherlands. In:
Ergonomics 28 (1985), Nr. 1,
S. 45 - 49

12 Sachverzeichnis

	Seite
A	
Abdominaldruck	69, 118 ff.
Ablaufabschnitt	131, 183
Ableitstelle	40
Ableitung	40
Abnutzung	23
Absetzhöhe	83
Abtransport von Stoffwechselprodukten	39
Action Limit	145 ff.
ärztliche Untersuchung	33
äußere Einwirkung	15
Akromialpunkt	118 ff.
Aktionskräfte	61, 63
Aktionspotential	46
Aktivitätssteigerung	39
allgemeine Arbeitsbelastung	37
Alter	15 f., 27, 30, 33, 64, 67, 122 ff., 163 ff., 167, 182 ff., 190, 199
Altersabhängigkeit	67, 190
Analysedaten	187
Analyseergebnis	192 f.
Analyseprotokoll	187
Anerkennung einer Berufskrankheit	140
Anerkennungsvoraussetzungen	35, 140
Antagonist	50
ANTHROPOS	169, 171
ANYBODY	169
Arbeit	11, 14, 30 f., 35, 38 f., 46, 50, 55 ff., 72 f., 183

12 Sachverzeichnis

	Seite
ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)	31
Arbeitsablauf	150, 183, 200
Arbeitsaufgabe	50, 70, 99, 103, 183, 188
Arbeitsbedingungen	15, 36 f., 146, 151, 159, 172, 193
Arbeitsbelastung	37
Arbeitsdauer	53, 146, 153 f., 158, 172 f., 176
Arbeitsenergieumsatz (AEU)	42, 44, 55 f., 72 ff., 172, 187, 191, 193, 197 f.
Arbeitsgeschwindigkeit	19
Arbeitsgestaltung	11, 13, 134, 200, 205
Arbeitshaltung	129, 132 ff.
Arbeitsmedizin	14 f., 194
arbeitsorganisatorische Bedingung	69
arbeitsorganisatorische Daten	183 f.
Arbeitsphysiologie	15, 88, 182, 188 f.
arbeitsphysiologische Messung	39
arbeitsphysiologische Untersuchung	40, 42 f., 45 f.
Arbeitsplanung	130
Arbeitsplatz	11, 28, 31, 34, 39, 43, 119, 156, 196, 200, 205
Arbeitspulsfrequenz	41 f., 54
Arbeitspulssumme	53
Arbeitsschicht	33 f., 54, 56, 142, 144
Arbeitsschutz	14, 27, 35, 188, 197, 200, 202
Arbeitsschwere	38, 45, 70
Arbeitssicherheitsgesetz (ArbSichG)	27, 35
Arbeitsstättenverordnung (ArbStV)	27, 35
Arbeitssystem	15

	Seite
Arbeitsumgebung	32
arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse	30
Arbeitszeit-Pausen-Schema	48
Arbeitszeitrechtsgesetz (ArbZRG)	27
Armhaltung	93, 97, 142 f.
Armlänge	119, 122
Armmuskulatur	48
Armstellung	96
arterieller Blutdruck	40, 42
arterielles Blutgefäß	42
Asymmetrie-Koeffizient	157
Asymmetrie-Multiplikator	151, 155
asymmetrische Bewegung	150, 177
asymmetrische Last	173, 178
asymmetrisches Heben	173
Atemventil	44
Atemwegserkrankung	11
Atmung	21, 43, 53
Atmungssystem	21
Atmungswiderstand	43
Aufnahmebogen	134 f.
Aufnahmehöhe	83, 95, 146 f.
Aufnahmeposition	99, 104
Ausdauer	39, 50, 59 f., 64, 66, 198
Ausführbarkeit	70
Ausführungsdauer	64, 95, 176
Ausführungsgeschwindigkeit	89, 92, 94, 96, 142
Ausgangshöhe	70, 74, 83, 166
Außenluft	43
Auswertung	42
Autowerkstatt	136

12 Sachverzeichnis

	Seite
B	
Balkendiagramm	186
Bandscheibe	22, 85 ff., 139, 142, 144, 148, 156, 185 f., 196
Bandscheiben-Prolaps	22 f.
Bandscheibenvorfall	22 f.
Basis-OWAS-Methode	130
Bau-Berufsgenossenschaft	18, 35
Bauarbeiter	17
Bauchgewebe	21
Bauchinnenraum	118
Bauchmuskel	89
Bauchmuskulatur	50, 89
Bauchpresse	50
Bauchrauminnendruck	50, 69, 86, 195
Bauchwand	21
Baugewerbe	48, 136
Bauhaupt- und -nebengewerbe	13
Beanspruchung	15 f., 18, 21, 28, 39, 42, 46 ff., 50, 53, 148
Beckenboden	23, 25 f.
Beckenbodenbereich	23, 25 f.
Beckenbodenmuskulatur	23, 25 f.
Behandlungsdauer	11
beidhändiges Heben	72, 74, 120 ff., 201
beidhändiges symmetrisches Halten	92
beidhändiges symmetrisches Heben	92 ff., 145
Beladetätigkeit	13
Belastung	14 ff., 18 ff., 23, 35, 39, 45 ff., 53, 58 f., 65, 70 ff., 130, 179, 206

	Seite
Belastung der Wirbelsäule	65 ff., 68, 85 ff., 138, 190, 195
Belastungsarten	67
Belastungs-Beanspruchungs-Konzept	15 f.
Belastungs-Beanspruchungs-Modell	15 f.
Belastungsdaten	140
Belastungsdauer	59, 142, 159, 196, 206
Belastungsdosis	142 f.
Belastungsempfindung	42
Belastungsermittlung	142
Belastungsfaktoren	15
Belastungsfälle	86 ff.
Belastungsgrenze	27
Belastungshäufigkeit	159, 206
Belastungshöhe	27, 59, 65, 196
Belastungsintensität	68, 70
Belastungskennzahl (BKZ)	183 ff.
Belastungsstufen	70
Belastungsverlauf	206
Belastungszeitraum	55
Benutzerführung	204
Benutzungsfreundlichkeit	206
Beobachtungszeitraum	154
Berechnungsverfahren	81 ff., 159, 187
Berechnungsvorschrift	87, 163 f.
Bergbau	13, 34
Bergleute	18
Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege	18
Berufskrankheit	13, 21, 32 ff., 140 ff., 206
Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren	140
Berufskrankheitentatbestände	32

12 Sachverzeichnis

	Seite
Berufskrankheiten-Verordnung	13, 22, 32 ff., 205
Beschäftigungsverbot	28
Beschickungseinrichtung	29
Beschleunigungsvorgang	89
Beschreibung der Körperhaltung	130
Beschwerden	17 ff.
Beschwerdenhäufigkeit	18
Betrachtungszeitraum	56
Beugen	161
Beurteilung	13 f., 30, 39, 50 f., 53 ff., 71 ff., 183 ff., 193, 195
Beurteilungsbereich	149
Beurteilungskriterien	14, 39, 53 ff., 71, 172, 197 ff.
Beurteilungskriterium	45, 62, 70, 159
Beurteilungsmethoden	189
Beurteilungsverfahren	13, 71 ff., 196 ff.
Beurteilungszeitraum	167
Beweglichkeit	22
Bewegungsablauf	88, 142, 164
Bewegungsausführung	157
Bewegungsdauer	95
Bewegungsfrequenz	78
Bewertung	14, 53 ff., 71 ff., 183 ff., 193
Bewertung von Körperhaltungen	130 ff.
Bewertungs- und Beurteilungsverfahren	71 ff.
Biomechanik	87 ff., 189 f.
biomechanische Analyse	87 ff.
biomechanische Modellrechnung	87 ff., 142, 185
biomechanisches Kriterium	148, 156, 172, 185
biomechanisches Modell	87 ff., 185 f.

	Seite
bipolare Ableitung	41
BK 2107	22
BK 2108	13, 21, 32 ff., 140 ff., 183, 202
BK 2109	13, 21, 32 ff., 140 ff., 202
BKZ _{AEU}	185
BKZ _{Druckkraft L5 - S1}	187
Blut	21, 39 ff.
Blutdruck	42
Blutgefäß	21, 39 ff.
Bluthochdruck	21
Blutkreislauf	21
Blutpumpe	39
Blutströmung	21
BOSCH-Verfahren	159 ff., 198 ff.
Brustwand	40
Brustwirbelsäule	18
Bücken	161
Büro	18
Büroarbeit	18
Bundesanstalt für Arbeitsschutz	35
Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (BMA)	30 ff., 35, 38, 183, 189, 202
Bundesrepublik Deutschland	38

C

CEN pr EN 614-1	186
COWAS-Analyse	136 f.
COWAS-Methode	136 f., 198 ff.
COWAS-Verfahren	136 f.

12 Sachverzeichnis

	Seite
D	
Dämpfung	22
Datenaufnahme	47
Datenaufzeichnung	42
Datenbank	171, 187
Dauer der Kraftanstrengung	161 ff.
Dauer des Hebevorgangs	92
Dauerleistungsgrenze (DLG)	53 ff., 198
Dauerleistungsgrenze auf Basis des Arbeitsenergieumsatzes (DLG AEU)	187, 198
Dauerleistungsgrenze der maximalen Ausdauer	64
Degenerationsprozeß	22
degenerative Erkrankung	22
Der Dortmunder	87 ff., 197 ff.
descensus uteri	25 f.
Deutsche Demokratische Republik	38
Diagnose	40
Diagnostik	21
Dialogkomponente	203
Diffusionseffekt	44
Distanz-Koeffizient	157
Distanz-Multiplikator	146 f., 151, 155
Dornfortsatz	22
dorsaler Hebelarm	95
Dosis	139 ff., 198 ff.
Dosisansatz	139
Dosismodell	198 ff.
Dosisrichtwert	144
Douglas-Sack	43
Dringlichkeit einer Umgestaltung	193
Dringlichkeitsanweisung	134
Druck	21, 118

	Seite
Druckaufnehmer	51
Druckerhöhung	21
Druckkraft	67, 87 ff., 139 ff., 148, 156, 172, 185 f.
Drucksensor	85
Druck- und Scherkomponente	87
Druckversuch	67
Durchblutung	50
Durchführungsanweisung	29
Dynamik-Effekt	92
dynamische Arbeit	55
dynamische Berechnung	92
dynamische Muskelarbeit	60
Dynamometer	49
Dynamometrie	48

E

EA-Anstieg	59 f.
EG-Richtlinie	31 ff., 200
Eignung	160 f.
Einflußgrößen	15
Eingabemaske	184 f.
einhändiges Heben	201
Einhandsteine	36
Elektrische Aktivität (EA)	58 ff.
elektrisches Signal	46
Elektrode	40, 56
Elektrokardiogramm (EKG)	40 ff.
Elektromyogramm (EMG)	46 ff., 58 ff.
Elektromyographie	40 ff., 58 ff.
EMG-Amplitude	59

12 Sachverzeichnis

	Seite
Empfehlungen	30, 35
empfohlene maximale Last	100 ff.
Endhöhe	83
endogene Faktoren	15 f.
Energetik	189, 191
energetische Arbeit	39
energetische und kardiopulmonale Kriterien	53
Energiebereitstellung	71
Energieumsatz	37, 39, 42 ff., 53, 55 f., 71 ff., 148, 156, 187
Energieumsatzmessung	43
Energieumwandlung	42
Entladetätigkeit	13
Entlastung	58
Entscheidungshilfe	140
Epidemiologie	198
epidemiologische Studie	65
epidemiologische Untersuchung	12, 17 ff.
Erfassungsmethode	13, 39
Ergometer	50
ErgonEXPERT	187 ff., 198 ff.
ErgonLIFT	182 ff., 198 ff.
Ergonomie	14 f., 182
Erholung	21, 53, 55
Erholungspause	21
Erholungspulssumme	53
Erklärungskomponente	203 f.
Erkrankung	11, 21 f., 32 ff.
Ermüdung	46 f., 53, 55
ermüdungsbedingte Veränderung	59
Ermüdungserscheinung	55
Erregung	40, 46

	Seite
Erregungsablauf	40
Erregungsausbreitung	40
Erregung des Muskels	46
Erregungsfront	40, 46
Erregungsursprung	40
Erschlaffung	26
Erschöpfung	50, 59
Erweiterung von Blutgefäßen	39
Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl	118 ff.
EWG	31, 202
exogene Faktoren	15 f.
Expertenmeinung	197
Expertensystem	188 ff.
Expositionsdauer	139, 142
Expositionsjahre	144
Expositionszeit	139, 144
Extension	65
Extremitäten	23
Extremitätenableitung	40

F

Fahrzeugmontage	18
Fehlzeit	11
Feldbedingung	39
Felduntersuchung	44
Festigkeit der Wirbelsäule	67
Festigkeitsuntersuchung	67
Festigkeitswerte	67
Feststellungsverfahren	140 ff.
Fischer	17
Fleischerei-Berufsgenossenschaft	29

12 Sachverzeichnis

	Seite
Fleischereimaschinen	29
Flexion	65
Forstwirtschaft	13
Fortbewegungsgeschwindigkeit	80
Frequenz	153
Frequenz-Koeffizient	157
Frequenz-Multiplikator	146, 153 f.
Funktionen der Wirbelsäule	22
Fußgelenk	23
Fußwölbung	23
G	
Gas	44
Gasanalyseverfahren	43
Gasuhr	44
Gasvolumen	43 f.
Gebärmutter	25 f.
Gebärmuttersenkung	25 f.
Gebärmuttervorfall	25 f.
gebeugte Körperhaltung	34
Geburt	25
Gefährdung	21 ff., 27, 31 f., 53, 65, 129, 144, 186 f.
Gefährdungsanalyse	130, 182 ff.
Gefährdungsgrenze	148
Gegenüberstellung der Verfahren	195 ff.
Gehen	72 ff., 79 f., 83, 183
Gehen ohne Last	72 ff., 83, 183
Gehörgang	45
Gelenk	21, 23, 88
Gesamtarbeitsdauer	153

	Seite
Gesamt-Belastungsdosis	142, 144
Gesamtenergieumsatz	55, 72, 187
Gesamthubrate	154
Gesamtpulsfrequenz	54
Geschlecht	15 f., 27, 62, 64, 67, 159, 183 f., 199
Geschlechtsunterschied	68
Gesetze	27 f., 200, 202
Gestaltung menschlicher Arbeit	11
Gestaltungsdringlichkeit	203
Gestaltungshinweis	187, 193
Gestaltungskriterien	172
Gestaltung von Arbeitsstätten	130
Gestaltungsvorschläge	203
Gesundheit	17
Gesundheitsdienst	17
Gesundheitsgefährdung	21, 30 f.
Gesundheitsgefahr	30
Gesundheitsrisiko	13, 27
Gesundheitsschutz	11, 13, 27, 32, 38
Gesundheitsschutz-Bergverordnung (GesBergV)	31
Gewicht	58
Gewichtungsfaktor	167
Gewichtungszahl	165
Gleichgewicht	54
Gleichrichtung	58
Greifbedingung	151, 158, 167, 173, 201
Greifbedingungs-Koeffizient	158
Greifentfernung	160, 201
Greifentfernungsbereich	160
Greifhöhe	160
Greifmöglichkeit	157

12 Sachverzeichnis

	Seite
Greifposition	165
Grenzbereich	56
Grenzkraft	163 ff.
Grenzlast	30 f., 35, 37, 163
Grenzleistung	53
Grenzwert	27 ff.
Grenzwertvorgabe	203
Griffentfernung	165
Griffweite	35
Grundarbeitshaltung	133
Grundhaltung	131 f.
Grundumsatz	56, 82
Gummiblase	44
GUV 1.13	28 f., 183, 189, 202
gynäkologische Gefährdung	23
gynäkologische Schädigung	31

H

Häufigkeit	15, 17
Häufigkeit der Kraftanstrengung	162, 168
Häufigkeit von Rückenbeschwerden	69
Haftbedingung	157
Halbleiterprinzip	45
Halswirbelsäule	13, 32
Halteapparat	25
Haltearbeit	62, 64 f., 72
Haltedauer	62, 64 f.
Haltekraft	64 f.
Halten	58 f., 84, 93 ff., 142
Halten einer Last	59, 84, 88
Haltung	119 f., 129 ff.

	Seite
Haltung des Kopfes	131 ff.
Haltungsanalyse	136
Haltungseinschränkung	145
Hand-Arm-System	130
Handhabungsdaten	183, 185
Handprotokoll	47
Haupttätigkeit	145
Hauttemperatur	45
Hebebedingung	172
Hebelarm	34, 86, 97
Heben zu zweit	201
Hebetechnik	83, 92, 94
Hebevorgänge	83
Helligkeit	70
Hernia femoralis	23
Hernia inguinalis	23
Hernie	23
Herz	21, 39 f.
Herzaktivität	39 f.
Herz-Kreislaferkrankung	11 f.
Herz-Kreislauf-System	21, 39 f.
Herzlängsachse	41
Herzlage	40
Herzschlagfrequenz	15 f., 37, 39 f.
Herzstörung	21
Hitze	179, 201
Hitzearbeit	57
Hitzebelastung	173, 179
Hochbau	34
Höhenwinkel	118
Horizontal-Koeffizient	157
Horizontal-Multiplikator	146 f., 151, 155

12 Sachverzeichnis

	Seite
Hubarbeit	81
Hubfrequenz	99 ff., 146 f., 153 f., 158, 172 ff.
Hubhöhe	70, 82, 99, 145, 201
Hüftgelenk	22
 I	
individuelle Auswirkungen	15 f.
individuelle Eigenschaften	15 f.
individuelle Maximalkraft	164
individuelle menschliche Eigenschaften	15
Informationsschrift	35
inneres Gleichgewicht	54
Institut für Arbeitsphysiologie	88, 182, 188
interindividuelle Unterschiede	57
Internationales Arbeitsamt (ILO)	38
International Organisation for Standardization (ISO)	156
Intraabdominaldruck	39, 50 f., 53, 69, 86, 118 ff., 198
invasive Methode	46, 85
invasive Verfahren	42
ISO/CD 10228	156 ff.
Isodyne	61, 63
isometrische Kontraktion	49
isometrische Muskelanspannung	50
 J	
Japan	18
Job Severity Index (JSI)	172
Jugendliche	28 f., 31

K

Kammer	40
Kammererregung	40
kardiopulmonales System	53
Katheter	42
Kenngrößen	39, 89
Kenngrößen der Belastung	65
Kenngrößen der Wirbelsäulenbelastung	87
Klassifikation von Momentenwerten	68 f.
Klassifizierungsschema	68 f.
Klassifizierungssystem	130
Klimabelastung	57
klimatische Bedingungen	57
klimatische Einflüsse	45, 159, 201
Kniegelenk	22
Körperabmessungen	49
Körperbewegungen	82
Körperentfernung	70
Körperfortbewegung	77 ff.
Körpergewicht	56, 72, 81, 89, 91, 183, 191
Körpergröße	166, 199
Körperhaltung	18 f., 22, 34, 45, 49, 78, 80, 82, 89 ff., 129 ff.
Körperhaltungsanalyse	18, 71
Körperhöhe	89, 91, 97, 182 f.
Körperinnendruck	21
Körperkerntemperatur	45, 56 f.
körperliche Eigenschaften	27
Körpermasse	23, 83 f., 97, 199
Körperoberfläche	41
Körpersegmente	88

12 Sachverzeichnis

	Seite
Körperteilgewicht	86
Körpertemperatur	39, 45
Kohlendioxid	42 f.
Kombinationsverfahren	144 f.
kombinierte Tätigkeiten	201
Kompression der Nervenwurzel	24
Kompressionsbelastung	69
Kompressionsfestigkeit	67 ff.
Kompressionskraft	148
konstante Körperhaltung	19
Konstitution	199
Kontraktion	39, 45
Kontraktionskraft	39
Kontraktionsvorgang	45
Kontrollgrenze	145
Kopffreiheit	173, 201
Kopfhaltung	133
Kopplungsbedingungen	152
Kopplungs-Multiplikator	151 f.
Korrekturfaktor	82, 85, 142
Kosten	11
Kosteneinsparung	11
Kraft	49 f., 61 ff., 64 f., 86, 123 ff., 139, 190
Kraftangriffspunkt	118
Kraftanstrengung	162 f., 167
Krafterzeugung	42, 61
Kraftrichtung	63
Kraftübertragungsbedingungen	145
Krampfadem	21
Krankengymnastik	18
Krankenpflege	13

	Seite
Krankheit	32
krankheitsbedingte Fehltage	11 f.
krankheitsbedingte Fehlzeiten	11
Krankschreibung	17
Kreislaufsystem	21, 39 ff.
kritische Dosis	139
kumulative Belastung	139
kumulative Masse	159
kumulative Wirbelsäulenbelastung	138 ff.
Kurz-Erhebungsbogen	141
Kurz-Ermittlungsbogen	140
Kurz-Ermittlungsverfahren	140
L	
Laborstudie	42, 48
Laboruntersuchungen	43, 45
Landwirte	17
Last	12, 16, 19, 28, 33, 70, 72 ff.
Lastabmaße	201
Lastbreite	99, 145
Lasteigenschaften	89
Lastenhandhabung	27, 92, 118, 167
Lastenhandhabungsfälle	92
Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV)	31
Lastenmanipulationen	13, 15, 21, 38, 51, 69, 88, 144 f., 177, 189 ff.
Lastentransport	82
Lastenumsetzen	159
Lastgewicht	33 f., 70, 82, 95, 99, 140, 151, 183, 201

12 Sachverzeichnis

	Seite
Lastgrenze	27, 36, 38, 145, 157, 172, 176, 179, 183, 189 ff.
Lastkonstante	146, 151, 182
Lastkräfte	86
Lastmasse	92, 143
Lastpositionen	93
Lasttiefe	99 ff., 173 ff.
Lebensdosis	140
Leichenpräparate	67
Leistenbruch	23
Leistung	53, 56
Leistungsfähigkeit	11, 21, 28, 36 f., 48, 62, 161
Leistungsfähigkeit der Muskulatur	48, 57
Lenden-Kreuzbein-Übergang	68, 86, 93, 98, 143
Lendenwirbelbereich	48
Lendenwirbelsäule	13, 22 f., 31 ff., 65, 68 f., 90, 144, 172
Lendenwirbelsäulenbeschwerden	17
LIFTAN	188
Lifting Index	156
Linienzugdarstellung	89
Luftfeuchtigkeit	73
Luftgemisch	44
Luftvolumen	44
Lumbalbereich	18

M

Manipulation	39
Manipulieren von Lasten	145
Masse	15, 35

	Seite
Massenträgheit	94
Maßnahmenklasse	134 ff.
Mastdarm	45
Mauersteine	35
maximal akzeptierbare Last	70
maximal akzeptierte Last	70, 99 ff., 198 ff.
maximale Haltedauer	62 ff.
maximale Hubfrequenz	180
maximale lumbale Kompressionsbelastung	68 f.
maximale statische Aktionskräfte	61
maximale Tätigkeitsdauer	58, 198
maximal mögliche Tätigkeitsdauer	58 ff.
Maximalkraft	48, 61, 163 ff., 198
Maximum Permissible Limit	146 f.
mechanische Energie	45
mechanische Belastung	68
menschliche Eigenschaften	15
Merkblatt	33, 140
Merkblatt für die ärztliche Untersuchung	33, 183
Meßmethode	39
meßtechnische Erfassungsmethode	14
Meßzeitpunkt	42, 47
Metallarbeiter	17
Methode	39
Mindestbelastungsdosis	142 ff.
Modellansätze	86
Modellanwendung	95
Modellentwicklung	86 f.
Moment	65, 68 ff., 85 ff.
Momentenklassifikation	65, 68 f., 86, 198
Motivation	49
motorische Endplatte	45

12 Sachverzeichnis

	Seite
Motormontage	18
Müllbehälter	18 f., 29, 48
Müllsammlung	29
Mülltonne	29
Müllwerker	18 f., 29, 48
Multimomentaufnahme	131
Multiplikator für asymmetrische Hebebewegungen	177 ff.
Multiplikator für asymmetrische Lasten	178
Multiplikator für Belastung durch Hitze	179
Multiplikator für die Tätigkeitsdauer	177
Multiplikator für eingeschränkte Kopffreiheit	177
Multiplikator für Kopplungsbedingungen	178
Multiplikator für seitliche Einschränkung	179
musculus biceps brachii	58 f.
musculus erector spinae	89 f.
musculus obliquus externus abdominis	89 f.
musculus obliquus internus abdominis	89 f.
musculus rectus abdominis	89 f.
Muskel	21, 39 f., 45 f., 48 ff., 57, 89 f.
Muskelaktivität	15 f.
Muskelarbeit	54
Muskelfaser	46 f.
Muskelfunktion	21, 46
Muskelgruppe	39, 46, 49 f., 57
Muskelkontraktion	45 f.
Muskelkraft	37, 66
Muskellänge	50
Muskelquerschnittsmessung	48
Muskelriß	21
Muskel- und Skeletterkrankungen	11

	Seite
muskuläre Arbeit	56 f.
muskuläre Ausdauer	198
muskuläre Kriterien	57
Muskulatur	21, 25, 39, 45, 49, 53, 57, 60, 62, 89 f.
Muskuloskelettal-System	21
Mutterbänder	25
Mutterschutzgesetz (MuSchG)	28, 183, 189, 202

N

Nadelektromyographie	46
Nahrungsenergie	45
Nebenarbeiten	169
Nerv	45
Nervenwurzel	24
nicht-invasive Methode	46
nicht-invasive Verfahren	39
NIOSH-Verfahren	145 ff., 150 ff., 187, 190, 198 ff.
Nomogramm	162, 168, 170
Norm	27
Normalkraft	164, 166
normative Regelung	183
normative Setzung	27

O

Oberflächenelektroden	46
Oberflächen-Elektromyogramm	46 f.
Oberflächenelektromyographie	46

12 Sachverzeichnis

	Seite
objektive Methode	48
Organ	39, 53, 71
organischer Aufwand	46
Organsystem	39, 53, 71
orthopädische Erkrankungen	65
Ostasien	17
OWAS-Analyse	131, 134
OWAS-Aufnahmebogen	134 f.
OWAS-Grund-Arbeitshaltungen	133
OWAS-Maßnahmeklasse	134
OWAS-Methode	129 ff., 198 ff.
OWAS-Verfahren	129 ff.
OWAS-Zusatzhaltungen	134
P	
Papier- und Bleistift-Verfahren	72, 129
parametraler Halteapparat	25
Pause	54, 154
Pausendauer	154
personenbezogene Kriterien	197, 199
Personendaten	183 f.
Pflegebedienstete	17
physiologisches Kriterium	148, 156, 172, 185
Piktogramm	131, 134
Planung von Arbeitsplätzen	119
Planungswert	161
Potentialdifferenz	40, 46
Potentialunterschied	46
PQ-Intervall	40 f.
Prävalenz	11, 18
Prävention	11

	Seite
präventive Arbeitsgestaltung	11, 13
Preßdruck	21
prolabierte Bandscheibe	22
prolapsus uteri	25 f.
Psychophysik	70, 189 f., 198
psychophysikalische Kriterien	70, 148, 156, 172
psychophysikalische Methode	53, 99
psychophysikalische Untersuchung	185
psychophysikalische Verfahren	97 ff.
Pulsfrequenz	54, 198
Pumpaufgabe	39
P-Welle	40 f.

Q

QRS-Gruppe	40 f.
------------------	-------

R

Radiosender	51
Randbedingungen	72, 145
Raumtemperatur	73
Reaktionen zentraler Organe	39
rechnergestützte Verfahren	71
Rechnerunterstützung	203
Recommended Limit	157
Recommended Weight Limit	151, 154, 156
REFA-Verfahren	163, 190, 198 ff.
Regelmäßigkeit	33
Registrierung	46
Regressionsanalyse	84 f.
Regressionsmodell	82

12 Sachverzeichnis

	Seite
Repolarisation	40
Respirationsgasuhr	43 f.
Restrisiko	150
Rezipient	44
Rheumatismus	11
Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften	31
Richtlinien	27, 35 ff., 200
Risiko	54
Risikogrenze	144
Röntgendiagnostik	21
Rückenbeschwerden	18 f., 69
Rückenmuskulatur	48, 86, 89, 97
Rückenschmerzen	15, 139
Rückenstrecker	89
Rückenstütze	124 f.
Ruhepulsfrequenz	54
Ruhezustand	40
Rumpfbeugehaltung	32, 34, 140, 142 f.
Rumpfbeugewinkel	97, 142, 183
Rumpfbewegung	88, 169
Rumpfgewicht	169 f.
Rumpfmuskulatur	90
Rumpfneigungswinkel	92 f., 142

S

Sauerstoff	42 ff.
Sauerstoffaufnahme	55, 198
Sauerstoffbedarf	39
Sauerstoffgehalt der Außenluft	43
Sauerstoffverbrauch	43

	Seite
Sauerstoffversorgung	21
Schadensfälle	13
Schäden	22
Schädigung	11, 17, 21 ff.
Schädigung der Wirbelsäule	17, 22
Schätzverfahren	77 ff., 198 ff.
Schätzwerte für den Arbeitsenergieumsatz	78 ff.
Schaufelarbeit	22
Schenkelbruch	23
Scherkraft	97 f.
Scherung	65
Schichtarbeit	37
Schichtdauer	184
Schieben	81, 99, 118, 121 f., 128 f., 179
Schiebetätigkeit	18
Schipper-Fraktur	22
Schulter	32, 34
Schultergelenk	118
Schwangerschaft	25
Schwankungsbreite	56
schwere dynamische Arbeit	44
Schwerpunktastand	92
Segment	67
Sehnenriß	21
Seitenwinkel	61 f., 118
semiobjektive Methode	48
Senkfuß	23
Senkung	25 f.
Sicherheit	13, 32
Signal	40

12 Sachverzeichnis

	Seite
Sitzen	183
skelettale Kriterien	65 ff.
skelettale Veränderungen	15
Skelettapparat	88
Skelettmuskulatur	21
Somatometrie	188, 190
Spaltbildung	22
Spannungsänderung	40
Spannweite	57
Speichergerät	42
Speichermedium	47
Speiseröhre	45
Spondylolisthesis	22
Spondylolyse	22
Spondylosis	22
Stabilisierung	22, 45
stationäre Arbeitsplätze	43
statische Aktionskräfte	61 ff.
statische Berechnung	97
statische Haltearbeit	62
statische Muskelarbeit	59 ff.
statisch muskuläre Belastung	187 f.
Steady State	54
Stehen	78, 183
Steigung	73 ff., 79, 81, 84
Stoffwechsel	56
Stoßen	118, 121 f., 128 f.
Streuung der menschlichen Eigenschaften	27
Streuung individueller Eigenschaften	197
Strömungswiderstand	39
Stromfluß	46

	Seite
Strukturfestigkeit	65
Studie	17 ff.
Stützsystem	21
subjektive Einschätzung	70
subjektive Empfindung	70
subjektive Methode	48
Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft	140 f.
Summenlast	23
Synergist	50

T

Tätigkeitsanalyse	192
tätigkeitsbedingte Belastung	17
tätigkeitsbezogene Kriterien	144, 197, 200
Tätigkeitscodierung	47
Tätigkeitsdauer	46, 48, 59 f.
tätigkeitsspezifischer Risikofaktor	12
Tätigkeitszeitraum	161
Tafelwerte	72 ff., 198 ff.
Tafelwerte und Korrekturfaktoren	171 ff., 198 ff.
Tagesperiodik	57
Teilenergieumsätze	84
Telemetriesender	45
telemetrische Übertragungssysteme	46
Temperatur	45, 57
Temperaturfühler	45
Temperaturmessung	45
Temperaturperiodik	57
Temperatursignale	45
Thermopillen	45

12 Sachverzeichnis

	Seite
Torsion	65
Tragedistanz	99
Tragen	72 ff., 116 f., 143, 159, 181 f., 184, 187, 201
Tragetechnik	183
Traglast	23, 79 ff.
Trainiertheit	161, 167
Trainingsgewinn	15
Trainingszustand	56
Transportarbeiter	17
Transportformel	81 f., 198 ff.
Transporttätigkeit	44, 81
T-Welle	40 f.

U

Überkopfarbeiten	187
Überschlagsrechnung des Energieverbrauchs	81
Übungsgrad	69
Umgebungsbedingungen	16, 150, 164, 172
Umgestaltung	15
Umsetzbewegung	92
Umsetzen von Lasten	92, 179 f.
Umsetzvorgänge	92
Umweltbedingungen	145
Unfälle	21
Unfallverhütungsvorschrift	27, 183
Unfallverhütungsvorschrift „Fleischereimaschinen“ (VBG 19)	29 f., 183, 202
Unfallverhütungsvorschrift „Forsten“ (GUV 1.13) ...	28 f., 183, 189, 202

	Seite
Unfallverhütungsvorschrift „Müllbeseitigung“ (VBG 126)	29, 183, 202
unnatürliche Körperhaltung	19
Unterlassung	32
Untersuchungsverfahren	71
Ursachen	18 f.
uterus	25 f.

V

VBG 19	29 f., 183, 202
VBG 126	29, 183, 202
VDI-Verfahren	163
Venen	21
Verarbeitungsweise	35
Verbrennung von Nahrung	42
Verdauungserkrankungen	11
verdrehte Körperhaltung	19
Verdrehung des Körpers	142
Verfahrensspezifische Besonderheit	197, 201, 203
Vergiftungen	11
Verletzungen	11 f.
Verordnungen	27, 197, 200, 202
Verordnung über die Beschäftigung von Frauen auf Fahrzeugen (VFaf)	27, 189
Verschlimmerung	32
Vertikal-Koeffizient	157
Vertikal-Multiplikator	146 f., 151, 155
Verzögerungsvorgang	89
Vorfall der Gebärmutter	26
Vorhof	40
Vorhoferregung	40

12 Sachverzeichnis

	Seite
W	
Wärmestrahlung	73
Waldarbeiter	17
Weberei	48
Wellen	40 f.
WINDOWS	183
Wirbelbögen	22
Wirbelkörper	22
Wirbelkörperquerschnitt	143
Wirbelsäule	12, 14, 17 f., 21 ff., 33, 65, 67 ff., 71, 85 ff., 139 ff., 190
Wirbelsäulenbelastung	51, 69, 87, 91, 97, 118, 138 ff., 177
Wirbelsäulenbereich	22, 85 f.
Wirbelsäulenbeschwerden	13, 17
Wirbelsäulenerkrankungen	11, 13
Wirbelsäulenschädigung	138
wissensbasiertes System	69, 71, 187 ff.
Wissensbasis	188 ff.
Wissensquelle	189 ff.
Z	
Zacken	40 f.
Zeitverläufe der Druckkraft	96
Zerrung	21
ZH1-Schrift	35
Ziehen	99, 118, 128 f.
Zifferncode	131 f., 136
Zulässigkeitsgrenze	146
Zulassungsgrenze	148
Zusatzhaltung	131, 134