

# Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse

U. Steinberg, S. Behrendt, G. Caffier, K. Schultz, M. Jakob

**Forschung  
Projekt F 1994**

**Forschung  
Projekt F 1994**

U. Steinberg  
S. Behrendt  
G. Caffier  
K. Schultz  
M. Jakob

**Leitmerkmalmethode  
Manuelle Arbeitsprozesse**

**Erarbeitung und Anwendungserprobung  
einer Handlungshilfe  
zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen**

Dortmund/Berlin/Dresden 2007

Diese Veröffentlichung ist der Abschlussbericht zum Projekt „Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei repetitiver Arbeit – Begründung von Hypothesen und Prüfung eines Arbeitsentwurfes unter Praxisbedingungen“ – Projekt F 1994 – der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren: Dipl.-Ing. Ulf Steinberg  
Sylvia Behrendt  
Dr. sc. med. Gustav Caffier  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Nöldnerstr. 40-42, 10317 Berlin

Dipl.-Ing. Karin Schultz  
Landesinstitut für Arbeitsschutz Brandenburg  
Horstweg 57, 14478 Potsdam

Dr.-Ing. Martina Jakob  
Leibnitz-Institut für Agrartechnik Bornim e.V.  
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

Mit freundlicher Genehmigung Abschnitt 2.1 entnommen aus Fb 1082:

Dr.-Ing. Hansjürgen Gebhardt  
Dipl.-Ing., M.Sc. André Klußmann  
Dr. med. Peter Dolfen  
PD Dr. med. Monika A. Rieger  
Dr. med. Falk Liebers  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Bernd Hans Müller

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, 44149 Dortmund  
Telefon: 0231 9071-0  
Telefax: 0231 9071-2454  
E-Mail: [poststelle@baua.bund.de](mailto:poststelle@baua.bund.de)  
Internet: [www.baua.de](http://www.baua.de)

Berlin:  
Nöldnerstr. 40-42, 10317 Berlin  
Telefon: 030 51548-0  
Telefax: 030 51548-4170

Dresden:  
Proschhübelstr. 8, 01099 Dresden  
Telefon: 0351 5639-50  
Telefax: 0351 5639-5210

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.

Aus Gründen des Umweltschutzes wurde diese Schrift auf Recyclingpapier gedruckt.

ISBN 978-3-88261-073-4

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Kurzreferat	5
Abstract	6
1	7
2	10
2.1	10
2.2	16
2.2.1	16
2.2.2	17
2.3	21
2.3.1	21
2.3.2	21
2.3.3	22
2.3.4	23
2.3.5	27
2.3.6	27
2.3.7	28
2.3.8	29
2.3.9	29
3	30
3.1	30
3.2	30
3.3	30
3.4	31
3.5	32
3.5.1	32
3.5.2	32
3.6	34
4	36
4.1	36
4.2	36
4.3	38
4.4	39
4.4.1	39
4.4.2	41
4.4.3	43
4.4.4	44
4.4.5	45
4.4.6	46

4.4.7	Bewertung	47
5	Interne Anwendungserprobung des Arbeitsentwurfs	49
5.1	Erprobungsprogramm und Beteiligte	49
5.2	Ergebnisse	50
5.2.1	Beschreibung und Wichtung der Leitmerkmale	50
5.2.2	Beurteilungsunterschiede	58
5.2.3	Aufwand	66
5.2.4	Akzeptanz, Validität	66
5.3	Auswertung	68
6	Veröffentlichungsfähiger Entwurf 2007	69
6.1	Formblatt Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse	69
6.2	Handlungsanleitung für die Beurteilung der Arbeitsbedingungen gemäß Arbeitsschutzgesetz – Teil Manuelle Arbeitsprozesse –	70
7	Externe Anwendungserprobung des Arbeitsentwurfs	76
7.1	Anwendungserprobung durch das Landesamt für Arbeitsschutz	76
7.1.1	Ziel der Maßnahme	76
7.1.2	Durchführung	77
7.1.3	Ergebnisse	77
7.1.4	Schlussfolgerungen	82
7.1.5	Interne Auswertung	82
7.2	Anwendungserprobung im Bereich Landwirtschaft	83
7.2.1	Rahmenbedingungen manueller Tätigkeiten in der Landwirtschaft	83
7.2.2	Anwendungsbeispiele	84
7.2.3	Bewertung der Anwendbarkeit der Methode in der Landwirtschaft	89
8	Zusammenfassung und Ausblick	90
9	Literatur	92
	Danksagung	110
Anhang 1	Übersicht Methoden zur Beurteilung von repetitiven Belastungen und Beanspruchungen des Hand-Arm-Schulter-Systems	111
Anhang 2	Übersicht Merkmale, die in den Methoden zur Beurteilung von repetitiven Belastungen und Beanspruchungen des Hand-Arm-Schulter- Systems verwendet werden	149
Anhang 3	Begriffe und Greifarten	159
Anhang 4	Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse Formblatt und Handlungsanleitung	165
Anhang 5	Anonymisierte Bewerter	169

# Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse

## Kurzreferat

Der vorliegende Bericht beschreibt die Entwicklung und Erprobung einer Methode zur praxisgerechten Beurteilung der Belastungen im Hand-Arm-Schulter-Bereich durch kleinere Aktionskräfte und größere Häufigkeiten bzw. Dauer.

Das Ergebnis ist der Entwurf einer „Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse“. Sie ergänzt die bereits bestehenden Methoden zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben, Halten, Tragen und Ziehen, Schieben. Entsprechend dem Prinzip der Leitmerkmalmethoden enthält sie eine objektive Anforderungs- und Belastungsbeschreibung und benennt die möglichen Gefahren für eine physische Überbeanspruchung. Sie berücksichtigt sicher erkennbare Tätigkeitsmerkmale und deren Wechselwirkung. Zu berücksichtigende Leitmerkmale sind:

- Tägliche Dauer der Tätigkeit
- Art, Höhe und Häufigkeit der Kraftaufwendung
- Körperhaltung
- Hand-Arm-Stellung
- Arbeitsorganisation
- Ausführungsbedingungen.

Die Leitmerkmale werden in einzelnen Skalen quantifiziert. Die Skalen entsprechen den Bedingungen der Praxis und reichen von minimal/optimal bis maximal/schlecht. Die Einstufung auf diesen Skalen gibt Hinweise auf Belastungsengpässe. Durch die Multiplikation des Skalenwertes der täglichen Dauer der Tätigkeit mit der Summe der anderen Skalenwerte kann ein Gesamtwert errechnet werden.

Eine Risikobewertung ist bei Berücksichtigung zusätzlicher arbeitsorganisatorischer und individueller Merkmale möglich.

Die Entwicklung erfolgte auf der Grundlage einer umfassenden und kritischen Literaturschau, Nachauswertungen eigener Studien, einer Bestandsaufnahme der realen Arbeitsformen und Belastungsstrukturen in Deutschland und den Anwendungserfahrungen mit den Leitmerkmalmethoden. Daran beteiligt waren insgesamt 53 Personen; Wissenschaftler, Aufsichtspersonen aus Landesämtern und Berufsgenossenschaften, Betriebsärzte, Sicherheitsfachkräfte und Vorgesetzte aus 28 Unternehmen in verschiedenen Branchen. Nach der Herausarbeitung eines ersten Entwurfs wurde dieser mit den potenziellen Anwendern an 112 Arbeitsplätzen vor Ort diskutiert und iterativ weiterentwickelt.

Anschließend erfolgten zwei nicht begleitete Testprojekte im Bereich der Landwirtschaft und durch Aufsichtspersonen aus einem Landesamt für Arbeitsschutz.

Die Ergebnisse der Methodenerprobung sind akzeptabel. Die Verteilung der Beurteilungsergebnisse entspricht dem Spektrum der betrieblichen Praxis. Ungefähr 20 % der Tätigkeiten liegen im „grünen“ und 10 % im „roten“ Bereich. Bei 70 % aller Tätigkeiten wurde eine erhöhte Belastung festgestellt. Fast immer waren die Bewertungen glaubwürdig und stimmten mit den betrieblichen Erfahrungen überein.

Der Entwurf wird zur Breitereprobung veröffentlicht. In einem Folgeprojekt wird er wissenschaftlich evaluiert.

## Schlagwörter:

Ergonomie, repetitive Arbeit, manuelle Arbeit, Gefährdungsbeurteilung, Leitmerkmalmethoden

# Key Indicator Method Manual Handling Operations

## Abstract

The report documents the elaboration and testing of a method for risk assessment of manual operation tasks. These tasks are characterised by low action forces and high repetition and can be stressful for hand, arm, shoulder and neck.

As result a blueprint of the Key Indicator Method for Manual Handling Operations is available for a general testing programme in practice. It supplements the existing Key Indicator Methods for lifting, holding, carrying and for pushing, pulling. With regard to the methodological concept of the key indicator methods, it contains an objective description of job demands and strains and points to the risk of physical overload. The indicators taken into account are:

- Duration of task per working day
- Action forces, manner, level, frequency/duration of application
- Posture and movement of head, trunk, legs
- Posture and movement of finger, hand, arm, and shoulder
- Organisational requirements as timing, breaks, and work flow
- Work environment with reference to strain on upper extremities, as coldness.

The markedness of the key indicators are roughly quantified by classification into value ranges. The value ranges are depicted in item-specific ranking lists. Evaluation is performed by using a simple mathematical algorithm. A one-page assessment form allows to register the load situation and assigning them to an index which shows how urgently action is needed. The result is a risk-score which gives a direct indication of range of risk.

A risk assessment can be performed by including further features such as individual characteristics and task duration over a longer period.

The basics of the development were a critical literature review, analyses of own studies, application experiences with the existing key indicator methods, and analyses of working situations for 112 work places in 28 German enterprises. 53 persons were involved in analysing and testing: department managers, members of staff associations, safety engineers, company physicians, inspectors, and scientists. The first blueprint version was improved step by step with help of practitioners on location in the enterprises.

After this supervised test programme the blueprint was tested in two independent projects by labour inspectors, and by ergonomists in agriculture.

The results are satisfying. Majority of users have applied the method in a correct way. The assessment results are plausible and correspond to the experience of participants. About 20 % of the tasks were rated in the low-risk range, 70 % showed an increasing load situation, and 10 % had a high-risk score.

The "Draft 2007" will be published for a broader test application. All results will be sampled and analysed. Additionally, a scientific evaluation project will start next time.

## Key words:

ergonomics, repetitive strain injuries, work related upper limb disorders, manual handling operation, low load, high frequency, risk assessment, key indicator method

# 1 Vorbemerkungen

Ein weltweit aktuelles Thema sind die Erkrankungen des Hand-Arm-Schulter-Bereiches durch repetitive Belastungen.

Die Aktualität der Thematik spiegelt sich in den Aktivitäten der EU wider. Bereits im Jahr 2000 wurde von der European Agency for Safety and Health at Work eine Umfrage zum Thema Repetitive Strain Injuries initiiert. Die Ergebnisse zeigten insbesondere Defizite bei der Datenlage und Präventionsansätzen sowie große nationale Differenzen. Der Beratende Ausschuss für Sicherheit, Arbeitshygiene und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz hat der EU-Kommission bereits im Mai 2001 empfohlen, insbesondere Gesetzesinitiativen zur Prävention von Erkrankungen der oberen Extremitäten in Betracht zu ziehen und branchenspezifische Leitlinien zur Thematik auszuarbeiten und zu propagieren. Es wird festgestellt, dass die bestehenden Vorschriften zur Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen zu allgemein gehalten sind. Umfassende Informationen und die Sensibilisierung bei Arbeitnehmern und Arbeitgebern fehlen. Es werden Schwierigkeiten bei der Aufstellung effizienter Präventionspläne gesehen.

Dementsprechend war dieses Thema auch Bestandteil der europäischen Anhörungen der Sozialpartner zu Initiativen der EU-Kommission zu arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen im Jahr 2007 (European Commission 2007). Dabei wurden Beschwerden der oberen Extremitäten erneut als Schwerpunkt benannt. Der Wunsch nach einem abgestimmten Handlungskonzept mit gesetzlichen Mindestforderungen und untergesetzlichen Handlungshilfen wurde noch einmal deutlich formuliert.

Der schnellen und effektiven Erfüllung dieser Wünsche stehen in der Praxis allerdings Probleme gegenüber.

Ein Problem ist die unterschiedliche Bewertung des Arbeitsbezugs der Beschwerden der oberen Extremität. Der niederländische Vorschlag einer Systematisierung der Beschwerden ist eine erste Grundlage für abgestimmtes Handeln. Es werden zwölf spezifische Beschwerden im Bereich der oberen Extremitäten definiert, die im Zusammenhang zur Arbeit stehen (Abschn. 2.1).

Für einen Teil davon ist ein möglicher Zusammenhang zwischen Arbeit und Erkrankung scheinbar unstrittig. Bei Nachweis einer entsprechenden schädigenden Einwirkung im Beruf können sie unter bestimmten Umständen in Deutschland als Berufskrankheit anerkannt werden (Berufskrankheitenverordnung). Die sehr geringen Anerkennungsquoten der Anträge hingegen sprechen eher gegen einen Zusammenhang. Deshalb wurde in einer Vielzahl von Studien der Zusammenhang von Arbeitsanforderungen und Beschwerden geprüft. Aufgrund unterschiedlicher Parameterauswahl und Rahmenbedingungen sind die Ergebnisse allerdings nur bedingt vergleichbar (Abschn. 2).

Ein weiteres Problem liegt in der Vielzahl der Einflussfaktoren und deren schwieriger Erfassbarkeit. Das Hand-Arm-System des Menschen ist hochkomplex. Geschicklichkeit, Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Ausdauer sind individuell unterschiedlich und in weiten Grenzen trainierbar. Im Vergleich zu den eher grobmotorischen Anforderungen bei der Lastenhandhabung, sind die relevanten Bewegungsmerkmale bei Hand-Arm-Arbeit nur schwierig erfassbar. Hinzu kommt, dass neben der Arbeitsaufgabe auch weitere Einflussfaktoren aus Arbeitsorganisation, psychosozialem Kontext und individuellem Verhalten einen Einfluss haben.



Lange vor der öffentlichen Thematisierung von „RSI“ haben sich Arbeitsgestalter auf Regeln zur ergonomischen Arbeitsgestaltung und auf ein zuträgliches Arbeitspensum mit entsprechenden Erholzeitzuschlägen verständigt. Die empirisch und wissenschaftlich begründeten Daten der REFA-Methodenlehre (REFA, Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung) berücksichtigen die Kennwerte der Ausführbarkeit und Erträglichkeit. Auf der Grundlage einer physiologisch erträglichen Arbeitsleistung wird bei einer 100 %-Normerfüllung eine Überbeanspruchung des Hand-Arm-Schulter-Bereiches weitgehend vermieden. Das Gesamtkonzept hat sich aus heutiger Sicht bewährt. Die Ursprungsdaten wurden zwischenzeitlich angepasst und ergänzt. Im engen Zusammenhang mit der Erträglichkeit stand aber immer auch die Entlohnung. Da eine höhere Arbeitsintensität finanzielle Vorteile für die Beschäftigten und das Unternehmen ermöglicht, werden die arbeitsgestalterischen Grundsätze allerdings nicht immer eingehalten. Verstärkt wird dieser Effekt der zunehmenden Arbeitsverdichtung durch wirtschaftliche Zwänge und die Arbeitsmarktsituation.

Ergänzend zu verhältnispräventiven Maßnahmen wurden deshalb die Möglichkeiten der Verhaltensprävention benannt und systematisch ausgebaut. In den letzten Jahren wurden Handlungsfelder eröffnet, auf denen insbesondere Vertreter gesetzlicher Krankenversicherungen und Gesundheitsförderer agieren. Das große Potenzial der verhaltenspräventiven Ansätze liegt in der sensiblen Wahrnehmung von beginnenden Überbeanspruchungen. Wie darauf reagiert wird, ob die Gesundheit dem Einkommen oder dem Arbeitsplatz nachrangig eingestuft wird oder ob der Schutz der Gesundheit thematisiert und eingefordert wird, ist Teil der Diskussion zur aktuellen Definition des Begriffs „Erträglichkeit“. Aufgrund der Vielzahl der beteiligten Personen und Interessengruppen wird es allerdings zunehmend schwieriger, den arbeitsbezogenen Kern des Problems zu benennen und praxistgerecht zu bewerten. Wie die im Abschnitt 3.3 beschriebene Auswertung der publizierten Methoden zeigt, ist schon auf dem eingegrenzten Feld der Beurteilungsmethoden eine kaum noch überschaubare Vielfalt von Meinungen vorhanden.

Anliegen dieses Projektes ist deshalb eine Eingrenzung des weiten Problemfeldes auf nachvollziehbare arbeitsbezogene Zusammenhänge zur praxistgerechten Unterstützung der betrieblichen Akteure. Dazu gehören auch fachübergreifende Verständigung und Kooperation zwischen Arbeitsvorbereitern, Arbeitsschützern, gesetzlichen Kranken- und Unfallversicherern, Wissenschaftlern und betrieblichen Gesundheitsförderern. Konkretes Ziel ist die Bereitstellung und wissenschaftliche Begründung einer praxistgerechten Methode zur Gefährdungsbeurteilung mit Bezug zum deutschen Arbeitsschutzgesetz.

Ein wesentlicher Teil des Projektes war die methodenkritische Auseinandersetzung mit publizierten Methoden, insbesondere unter Berücksichtigung gesicherter, wahrscheinlicher, vermuteter und ausgeschlossener Zusammenhänge. Da die Begrenzung der Sicht auf hochrepetitive Tätigkeiten einen erheblichen Teil aller fraglichen Arbeitsplätze in Deutschland ausgeschlossen hätte, wurde der Anwendungsbereich auf alle manuellen Arbeiten mit geringen Kräften erweitert.

Auf die realen Arbeitsformen und Belastungsstrukturen in Deutschland abgestimmt wurde als Ergebnis der Entwurf einer „Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse“ entwickelt und mit einer Vielzahl von potenziellen Anwendern getestet. Sie ergänzt die bereits bestehenden Methoden zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben, Halten, Tragen und Ziehen, Schieben. Entsprechend dem Prinzip der Leitmerkmalmethoden enthält sie eine objektive Anforderungs- und Belastungsbe-

schreibung und benennt die möglichen Gefahren für eine Überbeanspruchung. Sie berücksichtigt sicher erkennbare Tätigkeitsmerkmale und deren Wechselwirkung. Eine Risikobewertung ist bei Berücksichtigung zusätzlicher individueller Merkmale möglich.

## 2 Bestandsaufnahme, kritische Analyse

### 2.1 Art von Beschwerden der oberen Extremitäten

Entnommen aus:

Gebhardt, Hj.; Klußmann, A.; Dolfen, P.; Rieger, M.A.; Liebers, F.; Müller, B.H.: Beschwerden und Erkrankungen der oberen Extremitäten an Bildschirmarbeitsplätzen. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW 2006. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 1082), Anhang 5 - Erläuterungen zur Ätiologie der Beschwerden

Die Formulierungen zur Ätiologie der Beschwerden orientieren sich im Wesentlichen an den Beschreibungen aus der Übersichtsarbeit von SLUITER et al. (2001). Abweichend werden bei Nackenbeschwerden das zervikale und das zervikobrachiale Schmerzsyndrom differenziert betrachtet. Insgesamt wurden somit im Bereich der oberen Extremitäten 13 wesentliche Diagnosen bzw. Symptomkomplexe unterschieden:

- (1) Zervikales Schmerzsyndrom
- (2) Zervikobrachiales Schmerzsyndrom
- (3) Rotatorenmanschettensyndrom
- (4) Epicondylitis medialis und lateralis
- (5) Cubitaltunnelsyndrom/Kompression des N. ulnaris am Ellenbogen
- (6) Radialtunnelsyndrom/Kompression des N. radialis
- (7) Peritendinitis/Tendosynovitis der Flexoren oder Extensoren des Unterarmes und des Handgelenkes
- (8) Tendovaginitiden (stenosans, de Quervain)
- (9) Karpaltunnelsyndrom
- (10) Guyon-Kanal-Syndrom/Kompression des N. ulnaris am Handgelenk
- (11) Raynaud-Phänomen im Zusammenhang mit Hand-Arm-Vibration
- (12) Arthrose der distalen Gelenke der oberen Extremitäten
- (13) unspezifische UEMSDs

#### **Zervikales Schmerzsyndrom**

Hierbei handelt es sich um klinische Erscheinungen, welche direkt oder indirekt von z.T. degenerativen Veränderungen zervikaler Bewegungssegmente ausgehen und auf die Halsregion beschränkt bleiben. Die Beschwerdebilder sind charakterisiert durch positionsabhängige Schulternackenschmerzen, Muskelverspannungen und Bewegungseinschränkungen der HWS. Nackensteife geht einher mit schmerzhaftem Muskelhartspann und evtl. vollständiger Blockierung in einer Fehlhaltung (Tortikolis) (DEBRUNNER, 1983; KRÄMER und GRIFKA, 2005).

#### **Zervikobrachiales Schmerzsyndrom**

Die Klinik ist ähnlich dem zervikalen Schmerzsyndrom geht jedoch mit Ausstrahlung in die obere Extremität einher. Zudem können neurologische Symptome mit sensiblen und/oder motorischen Ausfällen in Arm und Hand vom radikulären Typ auftreten, wobei meistens die Nervenwurzeln C5-C6 oder C6-C7 betroffen sind. Ursache ist in

der Regel eine Kompression der betreffenden Nervenwurzel im Foramen intervertebrale, häufig ausgelöst durch degenerative Veränderung der kleinen Wirbelgelenke (sog. Unkovertebralarthrose), seltener durch einen akuten Bandscheibenvorfall (Diskusprolaps). Häufig treten diese Syndrome kombiniert auf (DEBRUNNER, 1983; KRÄMER und GRIFKA, 2005). Charakteristisch ist der nächtliche Schmerz, der mit „Ameisenkribbeln“ und Taubheitsgefühl im entsprechenden Dermatom einhergeht. Beschwerdefreie Intervalle wechseln mit Phasen stärkster Schmerzen ab. Am häufigsten ist die untere Halswirbelsäule betroffen (KRÄMER und GRIFKA, 2005).

### **Rotatorenmanschettensyndrom (Impingement-Syndrom)**

Die Rotatorenmanschette bildet das haubenförmige Dach des eigentlichen Schultergelenks. Sie setzt sich aus den vier vom Schulterblatt zum Oberarmknochen ziehenden Muskeln sowie deren Sehnen zusammen, dem M. infraspinatus, M. subscapularis, M. supraspinatus und M. teres minor (Pschyrembel 1994). In der Literatur wird das Rotatorenmanschettensyndrom häufig als „Irritation der Strukturen im Subacromialraum“ beschrieben (Raum zwischen der Rotatorenmanschette und dem durch den knöchernen Rabenschnabelfortsatz (Acromion) gebildeten Schulterdach). Als Grund für diese Irritationen werden die Verringerung der Vaskularisation (Gefäßversorgung) und degenerative Veränderungen bedingt durch wiederholte Einklemmung verschiedener Gewebetypen (Impingement) unter dem Schulterdach diskutiert. Die Hauptsymptome sind intermittierende, belastungsabhängige Schmerzen in der Schulterregion und Funktionseinschränkungen aufgrund muskulärer Schwäche verbunden mit Schmerzen. Schmerzen treten insbesondere nachts beim Schlafen auf der betroffenen Seite auf. Typisch ist der schmerzhafte Bogen bei Bewegung des seitlich ausgestreckten Armes von unten nach oben zwischen 60° und 120° („Painful-arc“ bei maximaler Spannung der Rotatorenmanschette) (SLUITER et al., 2001; HENNE-BRUNS et al., 2001).

### **Epicondylitis medialis und lateralis**

Die Epicondylitis bezeichnet einen entzündlichen Zustand von Muskel- und Sehnenverbindungen oder der Muskelansatzstellen im Bereich des Ellenbogens bzw. oberen Unterarms. Es handelt sich in der Regel um die Ansatzstellen der Muskeln, über die eine Streckung im Handgelenk bewirkt wird (Extensoren). Leitsymptom ist der intermittierende Schmerz. Dieser Schmerz ist generell um den lateralen oder medialen Epicondylus lokalisiert, teilweise nach vorn (d.h. in Richtung Hand) in den Unterarm ausstrahlend. Die Beschwerden können mit einer Schwächung der Greiffunktion einhergehen. Zugleich können die Symptome durch das Ergreifen oder Anheben von Objekten provoziert werden (z.B. bei Einwärts- oder Auswärtsdrehen des gebeugten Unterarms oder bei Streckung im Ellbogen). In der Akutphase können die Symptome auch in Ruhe auftreten (SLUITER et al., 2001). Die Schmerzen können mit einem tastbaren Hartspann der betroffenen Muskeln einhergehen.

### **Cubitaltunnelsyndrom/Kompression des N. ulnaris am Ellenbogen**

Beim Ulnaris-Nerv (N. ulnaris) handelt es sich um einen motorischen und sensiblen Nerv. Zusammen mit dem Medianus- und Radialis-Nerv steuert er die Motorik und die Sensibilität im Bereich des Unterarms und der Hand (TETRO und PICHORA, 1996). Der N. ulnaris verläuft vom Oberarm kommend am Ellenbogen in einer auf der Innenseite des Ellenbogens liegenden Knochenrinne. Die Region ist auch dem Laien als „Musikerknochen“ gut bekannt ist, da eine stoßbedingte Quetschung des Nervs in diesem Bereich mit einem starken Schmerz und ggf. Kribbeln im Verlauf des Nervs

einhergeht. Die Knochenrinne (Cubitalrinne) wird begrenzt durch Bänder und bindegewebige Fasern (IDLER, 1996; POSNER, 1998), so dass der sog. Cubitaltunnel entsteht. Kompressionen des N. ulnaris sind im Cubitaltunnel besonders häufig. Das Cubitaltunnelsyndrom ist die zweithäufigste periphere durch Kompression ausgelöste Nervenerkrankung der oberen Extremitäten (BOZENTKA, 1998; DAWSON, 1993; KOTHARI et al., 1998; BRITZ et al., 1996). In der Literatur wird die Klinik der ulnaren Nervenerkrankungen wie folgt beschrieben: Kribbeln und Taubheitsgefühl im vierten und fünften Finger sowie am ulnaren (ellenbogenseitigen) Rand der Handfläche. Die muskuläre Schwäche kann variieren zwischen milder Schwerfälligkeit und einer deutlich geschwächten Hand, dabei können sowohl die Schmerzen, als auch die muskuläre Schwäche nach distal (in Richtung Hand) ausstrahlen (DAWSON, 1993). Die Symptome können sich über Nacht, abhängig von der Schlafposition, verschlechtern (IDLER, 1996; TETRO und PICHORA, 1996).

### **Radialtunnelsyndrom/Kompression des N. radialis**

Der Radialis-Nerv zieht aus der Achselhöhle kommend in der Mitte des Oberarms direkt dem Oberarmknochen aufliegend von innen oben nach außen unten in Richtung Ellenbogen. In einem Bereich 3 cm über und unter dem Ellbogengelenk teilt sich der N. radialis in einen sensiblen Ast (Ramus superficialis) und tiefergelegenen motorischen Ast (Ramus profundus) (BARNUM, 1996; LISTER, 1993; PLATZER, 2003). Der N. radialis verläuft nah an verschiedenen Strukturen vorbei, in denen er eingeklemmt werden kann. Zu nennen ist der Sehnenspiegel am Ansatz des M. supinator (Frohse-Arcade), der Ansatz des M. extensor carpi radialis brevis und die Gefäßäste (Leash of Henry) (KLEINERT und MEHTA, 1996). Der Nerv kann auch im Radialtunnel zusammengedrückt werden, welcher sich vom Radiusköpfchen zum unteren Rand des M. supinator erstreckt (SARHADI et al., 1998).

Der Engpass des N. radialis im Unterarm kann in Abhängigkeit vom Ort der Kompression eine Reihe von Symptomen und Zeichen verursachen. Das „Radial-Tunnel-Syndrom“ (RTS) ist dabei grundsätzlich charakterisiert als Unterarmschmerz ohne motorische Schwächung. Eine andere Konstellation, das so genannte „posterior interosseous nerve syndrom“ (PINS) geht dagegen mit einer Schwäche bis hin zu Lähmung der Muskulatur (mit und ohne Schmerzen) einher (JEBSON und ENGBER, 1997; LISTER, 1993).

### **Peritendinitis/Tendosynovitis der Flexoren oder Extensoren des Unterarmes und des Handgelenkes**

Tendinitis, Tendosynovitis, Peritendinitis, Paratendonitis, Tendinosis und Tendinopathie sind Ausdrücke, die pathologische Prozesse in oder um die Sehnen beschreiben (ALMEKINDERS und TEMPLE, 1998). In medizinischen Wörterbüchern wird Tendinitis als Entzündung der Sehnen und des Sehnen-Muskel-Gefüges definiert. In der Sportliteratur wird die Entzündung auf Mikroverletzungen des Sehngewebes zurückgeführt, die durch repetitive mechanische Beanspruchung ausgelöst wird. Chronische Schädigungen der Sehnen werden in der aktuellen Literatur eher aufgrund degenerativer als aufgrund entzündlicher Prozesse beobachtet (ALMEKINDERS und TEMPLE, 1998). Die Tendosynovitis ist eine entzündliche Reaktion um die sog. Sehnenscheide und geht mit fühl- oder hörbarer Reibung (Krepitation) einher. Die Tendinitis tritt in Sehnenbereichen auf, in denen sich keine Sehnenscheiden befinden.

Laut medizinischer Lehrbücher ist die Tendinitis der beugenden Muskeln am Unterarm durch intermittierende Schmerzen bei Bewegung der Hand bzw. des Handge-

lenks charakterisiert. Zudem geht die Erkrankung mit Krepitationsgeräuschen und lokaler Schwellung der Sehenumgebung einher. Für gewöhnlich sind die Sehnen der unteren Flexoren des II bis IV Fingers betroffen. Im Gegensatz zur Tendinitis der Flexoren können die Sehnen der Handgelenksex tensoren (Muskeln, die zu einer Streckung im Handgelenk führen) separat betroffen sein (MEYER und DYE VRE, 1994). Die Sehnen der Handgelenksex tensoren sind relativ einfach zu beobachten, da sie an der Oberfläche gelegen sind und die Sehnen eine vergleichsweise stärkere direkte Reibung an der sie umgebenden bindegewebigen Hülle (Retinaculum extensorum) verursachen. Da die Extensoren des Handgelenks aktiver an dessen Stabilisation beteiligt sind als die Flexoren, tritt die Tendosynovitis gehäuft an der dorsalen Seite des Handgelenks auf (SLUITER et al., 2001).

### **Tendovaginitiden (stenosans, de Quervain)**

Als Tendovaginitiden werden Entzündungen der Sehnen scheiden beschrieben. Häufig treten die Tendovaginitis stenosa oder die Tendovaginitis stenosa de Quervain auf. Die T. stenosa ist ein chronischer, schmerzhafter Entzündungs- und Reizzustand der Sehnen scheiden im Bereich der Fingerbeugesehnen in Höhe der Mittelhandköpfchen. Am häufigsten ist der Daumen befallen. Die Hypertrophie (Knotenbildung) der Beugesehnen und die Stenose der Sehnen scheiden liegen in Höhe des A1-Ringbandes (erstes Drittel des Fingers). Sie engt die Sehne ein, so dass es distal vom Sehneneingang zu einer Aufreibung kommt. Die ersten Symptome sind ein Knirschen oder Reiben in der Hohlhand (Tendinitis crepitans). Zu einem späteren Zeitpunkt kann das Phänomen des „Schnappfingers“ demonstriert werden. Über dem A1-Ringband besteht ein Druckschmerz. Betroffen von der Entzündung ist zumeist die Sehne des kurzen Daumenstrecker-Muskels oder des langen Daumen-Abspreizers. Die Bewegungen des Daumens sind schmerzhaft und lassen ein deutliches Knirschen in der Sehnen scheide im Bereich des Handgelenks (über dem Processus styloides radii) tasten. Der plötzliche Zug am Daumen (FINKELSTEIN Test) löst einen starken Schmerz aus (DEBRUNNER, 1983; HENNE-BRUNS et al., 2001; NIETHARD et al., 2005).

Die Tendovaginitis stenosa de Quervain beschreibt eine durch chronische Reizung hervorgerufene Entzündung des 1. Sehnen scheidenfachs des M. abductor pollicis longus und des M. extensor pollicis brevis. Unmittelbar vor dem Handgelenk liegt auf der Speiche ein ringartiger Kanal. In diesem Kanal verlaufen mehrere Sehnen zum Daumen. Durch Überanstrengungen oder entzündliche Prozesse kann der Kanal eingeengt werden. Äußerlich ist an dieser Stelle eine deutlich schmerzhaft verdickung tastbar. Infolge des engen Kanals gleiten die Sehnen nicht ohne Widerstand bei Bewegungen des Daumens. Durch die Reibung im Kanal entstehen belastungsabhängige Schmerzen und Beschwerden im Bereich der Tabatière (Vertiefung, die bei Abspreizung und Streckung des Daumens zwischen den Sehnen gebildet wird). Die Schmerzen werden beim Ergreifen oder Halten von Gegenständen (z.B. Aufdrehen von Dosen deckeln) stärker. Bei der Untersuchung findet man häufig eine Reizung oder Schwellung im Bereich der radiopalmaren Begrenzung der Tabatière. Die hier im 1. Strecksehnenfach verlaufenden Sehnen sind druckschmerzhaft (HENNE-BRUNS et al., 2001; NIETHARD et al., 2005).

### **Karpaltunnelsyndrom**

Beim sog. Karpaltunnelsyndrom treten Beschwerden bei intermittierender oder kontinuierlicher mechanischer Kompression des Medianus-Nervs im Karpaltunnel auf. Diese Einengung tritt durch Verdickung des quer über den Karpaltunnel ziehenden

bindegewebigen Bandes auf, des Ligamentum carpi transversum. Die Symptome bestehen aus ziehenden Schmerzen im Handgelenk und Hohlhand, ausstrahlend in die daumenseitigen Finger und treten vor allem nach längerer Handarbeit und typischerweise nachts auf, so dass die Patienten daran erwachen (DEBRUNNER, 1983; KRÄMER und GRIFKA, 2005). Das Karpaltunnelsyndrom ist das häufigste Engpasssyndrom insgesamt (MURTHY und MEENA, 1995; SHUMAN et al., 1987).

Die Diagnose ist praktisch gesichert, wenn Sensibilitätsstörungen angegeben werden im Ausbreitungsgebiet des N. medianus, also im Daumen, in Zeige- und Mittelfinger und daumenseitiger Hälfte des Ringfingers. Zusätzlich tritt eine muskuläre Schwäche auf, die zu einer Rückbildung (Atrophie) des Daumenballens und einer Kraftlosigkeit der Fingerbeuger führt (DEBRUNNER, 1983). Im fortgeschrittenen Stadium können die Schmerzen bis in den Ellbogen- und Schulterbereich ausstrahlen. Das Beklopfen des Medianusnervs am Handgelenk ist schmerzhaft (positives Tinel-Zeichen) und der Phalen-Test ist positiv.

### **Guyon-Kanal-Syndrom/Kompression des N. ulnaris am Handgelenk**

Beim Guyon-Kanal-Syndrom, auch Ulnaris-Engpasssyndrom genannt, handelt es sich um eine periphere Ulnaris-Irritation im Knochen-Bindegewebe-Kanal, der im Bereich des Handgelenks zwischen Erbsenbein (Os pisiforme) und Fortsatz des benachbarten Hackenbeins (Hamulus ossis hamati) verläuft (Loge de Guyon). Dieser Tunnel wird lediglich vom N. ulnaris und der A. ulnaris passiert (SOUQUET und MANSAT, 1991). Ursache für das Guyon-Kanal-Syndrom ist in der Regel eine lokale Druckschädigung (WITTKE, 2003). Klinisch finden sich Sensibilitätsstörungen am kleinen Finger und an der kleinfingerseitigen Handkante (WITTKE, 2003). Der Engpass des N. ulnaris am Handgelenk tritt ungleichmäßig häufig auf. In Lehrbüchern und in der Fachliteratur werden die klinischen Befunde der ulnaren Neuropathie des Handgelenks wie folgt beschrieben: Patienten berichten über Taubheitsgefühle und Parästhesien am IV und V Finger, oftmals über Nacht, jedoch teilweise auch tagsüber (MENONI, 1998; BEDNAR, 1996; LISTER, 1993). Des Weiteren können Schmerzen in Hand und Unterarm auftreten. Der Engpass des N. ulnaris am Guyon-Kanal beeinflusst grundsätzlich nicht die Sensibilität der kleinfingerseitigen Handaußenseite. Falls eine solche Sensibilitätsstörung auftritt, deutet dies auf eine Kompression an einer anderen Stelle hin (SOUQUET und MANSAT, 1991; LISTER, 1993; BEDNAR, 1996; NETSCHER, 1998).

### **Raynaud-Phänomen im Zusammenhang mit Hand-Arm-Vibration**

Das Raynaud-Phänomen (RP) ist charakterisiert als lokale Blässe an den Fingern nach Exposition von Kälte, emotionalem Stress oder lokalisierten Einwirkungen von Schwingungen (HO und BELCH, 1998; MIRBOD et al., 1994; BÖCKER et al., 2004). Tritt es isoliert auf, so liegen vasospastische Dysfunktionen zugrunde und man spricht von der Raynaud-Erkrankung oder primärem Raynaud-Phänomen. Geht es mit sekundären Veränderungen einher, so spricht man vom sekundären RP. Die vaskuläre Komponente des HAVS (Hand-Arm-Vibrationssyndrom) ist eine Form des sekundären RP, üblicherweise „Vibrationsinduzierte Weißfingerkrankheit“ (VWF) oder „vibrationsbedingtes vasospastisches Syndrom“ (VVS) genannt. Beim Hand-Arm-Vibrationssyndrom kann es zusätzlich zu einer peripheren, diffusen Neuropathie in den Fingern mit überwiegend sensorischen Beeinträchtigungen (BOVENZI et al., 1987) kommen. Neben der Neuropathie können degenerative Veränderungen in den Knochen und Gelenken der oberen Extremitäten, überwiegend in den Handgelenken und Ellenbogen auftreten (BOVENZI et al., 1987; BOVENZI, 1998; GEMNE und

SARASTE, 1987).

### **Arthrose der distalen Gelenke der oberen Extremitäten**

Medizinische Lehrbücher beschreiben Arthrose als Erkrankung des Gelenkknorpels, welcher mit Umbildung des knorpelnahen Knochens einhergeht. Die Arthrose zählt zu den degenerativen Gelenkerkrankungen. Folgeerscheinungen können Störungen der Gelenkfunktion, Knirschen und Reiben bei Bewegung und nach längerer Zeit Veränderungen der Gelenkoberfläche sein. Da die Prävalenz von Knochenarthrose in den Schultergelenken sehr gering ist, liegt der Schwerpunkt in der Betrachtung der distalen Gelenke der oberen Extremitäten. Das Ellbogengelenk besteht aus drei Gelenken, dem Gelenk zwischen Oberarmknochen und Speiche (Articulatio humeroradialis), dem Gelenk zwischen Oberarmknochen und Elle (Articulatio humero-ulnaris) und dem Gelenk zwischen Elle und Speiche (Articulatio radio-ulnaris proximalis). Das Handgelenk besteht aus dem Gelenk zwischen Radius und der oberen Reihe der kleinen Handwurzelknochen (Articulatio radiocarpalis) sowie der distalen Articulatio mediocarpalis, die von der proximalen und distalen Reihe der Handwurzelknochen gebildet wird. An den Fingern finden sich einerseits die Gelenke zwischen Mittelhandknochen und erstem Fingerglied (Articulationes metacarpophalangeae, Kugelgelenke) sowie die Gelenke zwischen dem unteren und mittleren sowie dem mittleren und oberen Fingerglied (Articulationes interphalangeae manus, Scharniergelenke). Der Daumen verfügt zudem über ein Sattelgelenk (SLUITER et al., 2001; PLATZER, 2003).

Klinisch ist die Arthrose charakterisiert durch Steifigkeit und intermittierende Schmerzen bei Bewegung der betroffenen Gelenke. Steifigkeit und Schmerzen sind nach Ruhephasen besonders stark ausgeprägt. Die Schwere der Beschwerden kann dabei von Woche zu Woche stark schwanken. Bei Patienten mit regelmäßigen Beschwerden ist das Auftreten aktivitätsabhängig. Im fortgeschrittenen Stadium können die Schmerzen auch in der Ruhephase auftreten. Die Bewegungsmöglichkeiten des betroffenen Gelenks sind durch die Kapselausbildung begrenzt. ALLAN (1998) berichtet über Effekte von beruflich induzierten repetitiven Belastungen auf die Gelenke der oberen Extremitäten. Der positive Zusammenhang zwischen der Schwere der radiologischen Diagnose und dem Alter wird als sehr hoch beschrieben (FELSON, 1994; CHAISSON et al., 1997, 1999).

### **Unspezifische UEMSDs**

Unspezifische muskulo-skelettale Beschwerden in den oberen Extremitäten (UEMSD) werden durch Schmerzen in Muskeln, Sehnen, Nerven oder Gelenken (andere Empfindungen können zusätzlich vorhanden sein) definiert. Dabei gibt es keine Anzeichen auf eine spezifische Kombination von Symptomen und Zeichen, die zu einer Zuordnung zu einem spezifischen muskulo-skelettalen Beschwerdebild führen könnten. Schmerz ist das Hauptsymptom für unspezifische UEMSD. Sämtliche Beschwerdebilder, die sich nicht auf eine der o.g. 12 Diagnosen zurückführen lassen, werden dieser Gruppe zugeordnet.



**Tab. 2.1** Beschwerdebereiche und mögliche Diagnosen

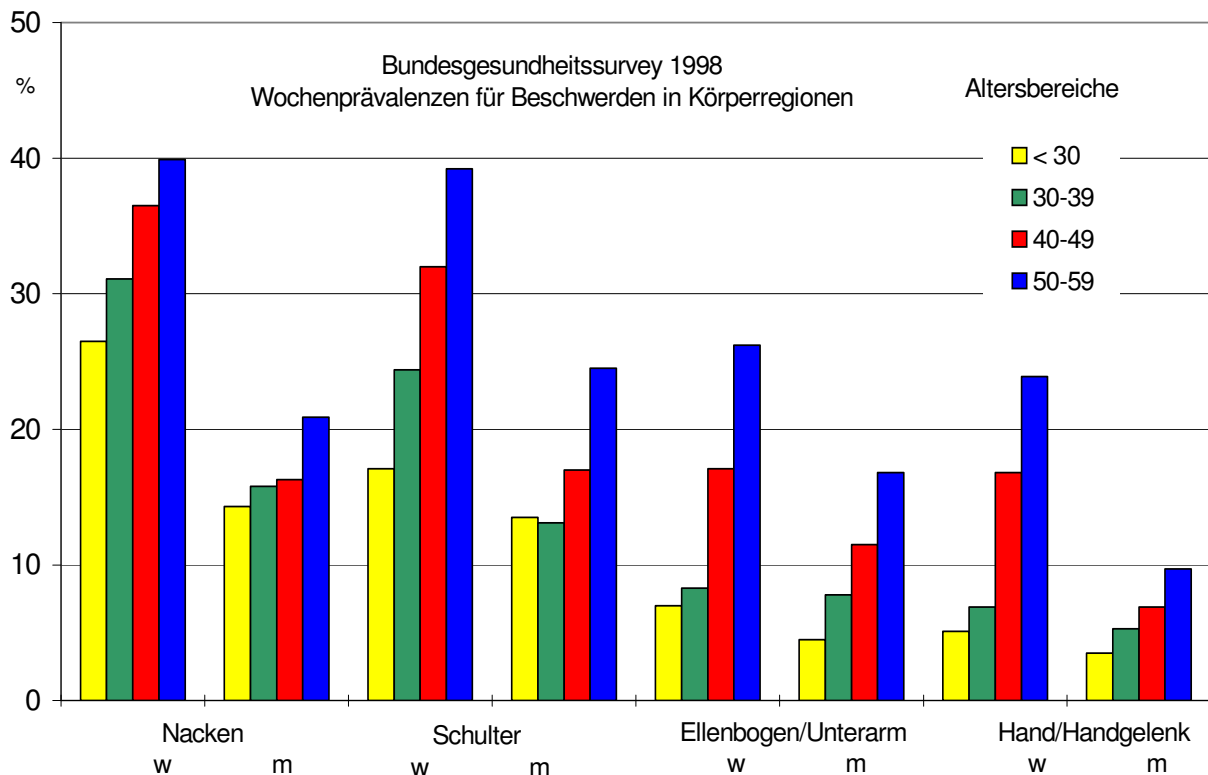
Mögliche Diagnosen	Beschwerdebereiche				
	Nacken	Schulter/ Oberarm	Ellen- bogen	Unterarm	Hand/ Hand- gelenk
Zervikales Schmerzsyndrom	x				
Zervikobrachiales Schmerzsyndrom	x				
Rotatorenmanschetten-syndrom		x			
Epicondylitis medialis und laterales			x		
Cubitaltunnelsyndrom			ulnar	ulnar	ulnar
Radialtunnelsyndrom			dorsal	dorsal	
Peritendinitis /Tendosynovitis				x	x
De Quervain's Erkrankung				radial	radial
Karpaltunnelsyndrom					ventral
Guyon-Kanal-Syndrom					ulnar
Raynaud-Phänomen					x
Arthrose der distalen Gelenke		x	x	x	x
unspezifische UEMSDs	x	x	x	x	x

## 2.2 Qualitative und quantitative Zusammenhänge zwischen Arbeit und Beschwerden der oberen Extremitäten

### 2.2.1 Beschwerden und deren Lokalisierung

Im Abschnitt 2.1 sind zwölf Diagnosen und eine Sammelgruppe für unspezifische Beschwerdebilder im Zusammenhang mit den Beschwerden der oberen Extremitäten genannt. Ergänzend müssen zusätzlich die Beschwerden im Brust- und Lendenwirbelsäulenbereich beachtet werden. Arbeitsbedingte Belastungen des Hand-Arm-Bereiches sind sehr häufig mit statischen Körperhaltungen gekoppelt. Besonders bei hohen Anforderungen an visuelle Informationsaufnahme, Geschicklichkeit und Präzision ist die Unbeweglichkeit des Rumpfes eine Handlungsvoraussetzung.

Die klinisch begründete Differenzierung von Beschwerden und deren Lokalisierung ist für betriebsepidemiologische Fragen nur bedingt geeignet. Deshalb erfolgt eine Konzentration auf Beschwerden in Körperregionen. In SLUITER et al. (2001) werden sieben Körperregionen genannt: Nacken, oberer Rücken, Schulter, Ellenbogen, Unterarm, Handgelenk, Hand. Für die weitere Betrachtung werden sie dann zu vier funktionellen Bereichen vereinfachend zusammengefasst: Nacken/oberer Rücken, Schulter/Oberarm, Ellenbogen/Unterarm und Handgelenk/Hand. Diese Zuordnung wurde auch im Bundesgesundheitsurvey von 1998 zur Ermittlung der Wochenprävalenzen von Beschwerden in diesen Bereichen genutzt. Zu beachten ist dabei, dass die lokale Zuordnung von Beschwerden nicht mit Diagnosen identisch ist.



**Abb. 2.1** Wochenprävalenzen von Beschwerden in vier Körperregionen

### 2.2.2 Zusammenhang von Beschwerden und Arbeitsbelastung

Eine wesentliche Frage für präventive Ansätze ist die nach dem Zusammenhang zwischen Arbeitsbelastung und Beschwerden. Die Studie nach SLUITER et al. (2001) enthält einen Vorschlag zum Zusammenhang zwischen Beschwerden in den genannten vier Regionen und arbeitsbedingten Faktoren. Ein Zusammenhang besteht, wenn mindestens einer der im Folgenden genannten Faktoren vorhanden ist.

## **Nacken**

### physische Faktoren

- Extreme Kopfflexion (Kinn auf der Brust), den größten Teil des Tages
- Sitzen mit statischer Haltung von Nacken und obere Extremitäten, den größten Teil des Tages
- Handarbeit ohne Armabstützung, den größten Teil des Tages
- Hochrepetitive Kopfbewegungen nach hinten (Extension), den größten Teil des Tages
- Hochrepetitive Kopfbewegungen nach vorn (Flexion), den größten Teil des Tages
- Hochrepetitive Bewegungen der oberen Extremitäten, den größten Teil des Tages

### nicht-physische Faktoren

- Zu wenig Erholungspausen, wenn repetitive Bewegungen ausgeführt werden
- Hohe psychosoziale Anforderungen
- Geringe soziale Unterstützung

## **Schulter und Oberarm**

### physische Faktoren

- Halten der Hand hinter dem Rumpf, wesentliche Teile des Tages
- Halten der Hand auf der anderen Seite des Rumpfs, wesentliche Teile des Tages
- Halten der Schulter in extremer Auswärtsdrehung, wesentliche Teile des Tages
- Weites Halten des Armes für mehrere Minuten, wesentliche Teile des Tages
- Heben der Hand über Schulterhöhe, wesentliche Teile des Tages
- Hochrepetitive Bewegungen der oberen Extremitäten, wesentliche Teile des Tages
- Hohe Kraftaufwendungen in Verbindung mit o.g. repetitiven Bewegungen und Haltungen

### nicht-physische Faktoren

- Zu wenig Erholungspausen, wenn repetitive Bewegungen ausgeführt werden
- Hohe psychosoziale Anforderungen
- Geringe soziale Unterstützung

## **Ellenbogen/Unterarm**

### physische Faktoren

- Extreme Ellenbogenflexion, wesentliche Teile des Tages
- Extreme Ellenbogenextension, wesentliche Teile des Tages
- Extreme Pronation/Supination des Unterarms, wesentliche Teile des Tages
- Hochrepetitive Bewegungen von Ellenbogen und Handgelenk, den größten Teil des Tages
- Hohe Kraftaufwendung der Unterarmmuskulatur, wesentliche Teile des Tages
- Kombination der o.g. Merkmale Haltung, Repetition und Kraft
- Vibrationseinwirkung durch Handwerkzeuge mehr als eine Stunde pro Tag

### nicht-physische Faktoren

- Zu wenig Erholungspausen, wenn repetitive Bewegungen ausgeführt werden
- Hohe psychosoziale Anforderungen
- Geringe soziale Unterstützung

## Handgelenk/Hand

### physische Faktoren

- Extreme Handgelenkstellung, wesentliche Teile des Tages
- Halten von Werkzeugen oder Objekten mit Pinchgriff, den größten Teil des Tages
- Hochrepetitive Bewegungen von Handgelenk, Hand und Finger, den größten Teil des Tages
- Hohe Kraftaufwendung mit der Hand, wesentliche Teile des Tages
- Kombination der o.g. Merkmale Haltung, Repetition und Kraft
- Computer- und Mousarbeit, den größten Teil des Tages
- Vibrationseinwirkung durch Handwerkzeuge mehr als eine Stunde pro Tag
- Einwirkung von Kälte, den größten Teil des Tages

### nicht-physische Faktoren

- Zu wenig Erholungspausen, wenn repetitive Bewegungen ausgeführt werden
- Hohe psychosoziale Anforderungen
- Geringe soziale Unterstützung

Auffällig ist, dass nicht-physische Merkmale einen hohen Stellenwert haben. Die Merkmale „hohe psychosoziale Anforderungen“ und „geringe soziale Unterstützung“ gelten immer – unabhängig von der Art der physischen Belastung. Zu bemerken ist auch, dass bei Berücksichtigung dieser Kriterien ein hoher Anteil von Personen mit Beschwerden zu erwarten ist. Diese Vermutung korrespondiert mit den Ergebnissen des Bundesgesundheits surveys (Abb. 2.1).

Die Beschreibung des Zusammenhangs benennt aber nicht die Ursachen. Krankheiten mit konkreten Symptomen sind nur selten das Ergebnis *eines* einwirkenden arbeitsbedingten Belastungsfaktors. Fast immer besteht ein komplexes Gefüge von mehreren sich wechselseitig beeinflussenden Ursachen. Der Nachweis des Arbeitsbezugs setzt deshalb einen eindeutigen Zusammenhang von Ursache und reproduzierbarer Wirkung voraus. Primärpräventive Maßnahmen erfordern diesen Bezug, insbesondere zur Abgrenzung des arbeitsbedingten vom nicht beruflichen Anteil. Synergetische physische Belastungen sind im Privatleben ebenso häufig wie hohe psychosoziale Anforderungen und geringe soziale Unterstützung.

Zur Abgrenzung zur Arbeitsbedingtheit sind auch individuelle und umweltbedingte Faktoren zu berücksichtigen. Bei der Analyse der Beschwerden und Krankheiten und der Ursachendiskussion sind vielfältige Faktoren berücksichtigt worden (Tab. 2.2).

**Tab. 2.2** Mögliche Ursachen für Beschwerden der oberen Extremitäten  
(Versuch einer geordneten Zusammendarstellung auf der Grundlage der ausgewerteten Methoden, Anhang 1)

<b>Mögliche Ursachen für Beschwerden der oberen Extremitäten</b>	
abstrakt	konkret
individuell	Alter
	Geschlecht
	genetisch
	konstitutionell
	Verhalten
	Ernährung
hormonell	Stoffwechselverschiebung
entwicklungsbedingte Fehlbildungen, Krankheiten, Verletzungen und deren Folgen	Funktionseinschränkung
	Funktionsverlust
	Degeneration
	chronische Fehlbeanspruchung
	neurologische Defizite
	psychische Erkrankungen
mechanisch	Aktionskräfte
	Druck auf Nerven, Gefäße und Weichteile
	Vibration
toxisch	Infektion
	akute Vergiftung
	chronische Vergiftung
Umwelt	Überwärmung
	Auskühlung
	Sonnenlichtdefizit
psychische Anforderung	Zeitdruck
	Intensität
	Konzentration
	Stress
	Verantwortung
	Aufmerksamkeit

Die Merkmale haben einen unterschiedlichen Einfluss auf die Krankheitsentstehung. Während Vibrationseinwirkung klar mit dem „White-finger-syndrome“ zusammenhängt, führt Stress nur indirekt zu unspezifischen Muskelverspannungen, die dann wiederum die Ursache für Gelenksbeschwerden sein können. Eine einfache und eindeutige Ursachenzuweisung wäre wünschenswert, ist aber kaum möglich. Möglich ist allerdings die Benennung von wahrscheinlichen Zusammenhängen anhand von symptombezogenen Merkmalen und Ausschlusskriterien. Damit wäre eine akzeptable Basis für effizientes betriebliches Handeln geschaffen. Negative Sensibilisierung durch Aktionismus könnte so vermieden werden.

## **2.3 Methoden zur Beurteilung der Arbeitsbelastung**

### **2.3.1 Vorbemerkungen**

Arbeitsbedingte Beschwerden und Erkrankungen im Bereich der oberen Extremitäten sind seit Längerem wichtige Themen weltweit. Es ist erstaunlich, dass bei einer Literaturrecherche in überwiegend deutscher und englischer Sprache 37 Methoden zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen im Zusammenhang mit repetitiver Hand-Arm-Arbeit aufgefunden wurden (Anhang 1). In diesen Methoden werden über 150 unterschiedliche Einzelmerkmale in 11 Merkmalgruppen genannt. Anhang 2 enthält eine strukturierte Aufzählung der genannten Merkmale.

Ursache für die große Diversität der Methoden dürften die in den vorangegangenen Abschnitten genannten Gründe sein. Wegen der Vielzahl von Beschwerdeformen und Diagnosen in Verbindung mit vielgestaltigen und zeitlich differenzierten Belastungen ergibt sich eine schwer zugängliche Ursache-Wirkungs-Struktur, die zusätzlich durch individuelle und außerberufliche Faktoren beeinflusst wird.

Bei den weltweit publizierten Methoden zum Heben, Halten, Tragen ist eine grundsätzliche Einigkeit erkennbar. Biomechanische, physiologisch-metabolische und Erträglichkeitsmerkmale sind die bestimmenden Kriterien. Die Dauer und Häufigkeit in Verbindung mit Lastgewichten, Körperhaltungen, Bewegungen bestimmen das Ausmaß der Belastung.

Im Vergleich dazu ist bei den Beurteilungsmethoden für manuelle, repetitive Arbeiten ein allgemeiner Grundkonsens nur schwer erkennbar. Die Auswahl der zu beachtenden Merkmale variiert zwischen den Methoden erheblich. Da fast immer die zugrunde gelegten Modelle zur biologischen Ursache-Wirkungs-Struktur nicht genannt werden, bleiben viele Fragen offen.

### **2.3.2 Zielstellung und zugrunde gelegte Modelle, Auswahl der Einflussfaktoren**

Die bisher ausgewerteten Methoden haben unterschiedliche Zielstellungen, Nutzer und methodische Zugänge.

Zielstellungen sind Arbeitsanalyse, Belastungsbeschreibung, Gefährdungsbeurteilung, Arbeitsgestaltung und Gesprächsleitfaden für Gesundheitsförderung.

Die meisten Methoden wenden sich an keine speziellen Nutzergruppen. Sie können demzufolge von allen Akteuren im Arbeitsschutz angewandt werden. Spezielle ergonomische Kenntnisse sind fast immer nicht erforderlich. Methoden zur Arbeitsanalyse oder Richtwerte für Konstrukteure erfordern jedoch einen hohen Analyseaufwand, so dass die Anwendung auf diese Gruppe beschränkt bleibt.

Das Spektrum der genannten Merkmale ist breit. Es reicht von grob beschreibend bis zu exakten Zahlenwerten und von objektiven Kenngrößen bis subjektiven Empfindungen. Dementsprechend unterschiedlich müssen diese Merkmale ermittelt werden: Beobachtung, Messung oder Befragung.

Das grundsätzliche Anliegen aller hier ausgewerteten Methoden ist es, arbeitsbezogene Einflüsse für eine mögliche Überbeanspruchung des Hand-Arm-Schulter-Bereiches zu erfassen. Ein biologisches Modell, analog zu den biomechanischen Modellen bei der Analyse der Belastung der Lendenwirbelsäule, wird bei keiner Methode angegeben. Die Auswertung hinsichtlich der verwendeten Modelle kann sich nur auf Vermutungen anhand der ausgewählten Merkmale und Bewertungsalgorithm-

men stützen. Demnach unterstellen die meisten Methodenentwickler eine Dosisbeziehung. Die Bewertung der Merkmale erfolgt unter Berücksichtigung der Einwirkungszeit und Kombinationen von Gelenkstellung und Aktionskräften. Begründet sind diese Zusammenhänge durch einzelne epidemiologische Studien, vermutlich in einigen Fällen auch ausschließlich erfahrungsbasiert. Die bereits erwähnte Vielfalt der möglichen Ursache-Wirkungs-Strukturen macht eine vollständige epidemiologische Begründung aller in der Praxis auftretenden Kombinationen ohnehin unmöglich.

Obwohl die nachfolgenden Merkmale

- Zeitanteil der Einwirkung (Häufigkeit, Dauer, Abfolge, Geschwindigkeit der Arbeitsausführung),
- Kräfte (Art und Höhe der Kraftaufwendung),
- Haltung/Bewegung (Art und Umfang, Restriktionen) und
- Arbeitsablauf

häufiger genannt werden, muss kritisch vermerkt werden, dass eine generelle Übereinstimmung hinsichtlich der Relevanz dieser Merkmale bei den Methodenentwicklern nicht vorhanden ist.

In mehreren Methoden erfolgt eine zusammenfassende Gesamtbewertung in Form einer Risikokennzahl. Das dabei bestehende Grundproblem, dass mehrere unterschiedliche und differenzierte Beschwerden im Hand-Arm-Schulter-Bereich „in einen Topf geworfen werden“ und als arbeitsbezogene repetitive strain injuries bewertet werden, wird von den Methodenentwicklern fast nie thematisiert (z.B. OCRA-Index, Job-Strain-Index, RULA).

### 2.3.3 Verwendete Begriffe und Definitionen

Die verwendeten Begriffe sind häufig nicht definiert. Aufgrund von Übersetzungen aus dem und ins Angloamerikanische ergeben sich zusätzliche Verständnisprobleme.

Ein typischer Ansatz ist der Zusammenhang von hohen Arbeitsfrequenzen mit Beschwerden. Der Begriff „repetitiv“ steht für einen hohen Wiederholungsgrad der Tätigkeit und hat sich im Lauf der Zeit über die Begriffskombination RSI weltweit verbreitet. Damit verlagert sich der Schwerpunkt auf die Häufigkeit bei gleichzeitiger Vernachlässigung von Aktionskräften und Haltungen. Wie die Zusammenstellung in Anhang 2 zeigt, wird die begriffliche Einengung und Quantifizierung der „Repetition“ nur selten vorgenommen. Im Zusammenhang mit der Arbeitsnormung wird als zusätzlicher Begriff der „Zyklus“ benutzt.

In der *ISO 11228 Ergonomics – Manual handling, Part 3: Handling of low loads at high frequency* wird repetitive Tätigkeit als *repeated cycles of the same work task(s)* definiert. Der Begriff *Cycle: A sequence of similar repeated movements or actions used to perform a work task(s). A single task may be composed of several cycles.* Der Begriff *High frequency* wird nicht definiert. (Anhang 1, lfd. Nr. 02)

In der *DIN EN 1005 Sicherheit von Maschinen, Menschliche körperliche Leistung, Teil 5: Risikobewertung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen* gibt es Definitionen für Zyklus (*Folge von technischen Aktionen, die immer auf die gleiche Weise wiederholt werden*) und Repetitivität (*wenn eine Person den gleichen Zyklus bzw. die gleichen, nicht notwendigerweise identischen, technischen*

*Aktionen und Bewegungen über eine bedeutende Dauer des normalen Arbeitstages hinweg ständig wiederholt*). Die Begriffe *kurzzyklisch* und *hohe Frequenz* werden quantitativ nicht definiert. (Anhang 1, lfd. Nr. 01)

Konkreter sind die zeitbezogenen Angaben im *Job Strain Index* (Anhang 1, lfd. Nr. 80). Erfasst werden *intensity* ( 4, 4-8, 9-14, 15-19, >20 actions per minute), *duration* (*duration of task* <1, 1-2, 2-4, 4-8, >8 hours per day, *duration of exertion*: <10, 10-29, 30-49, 50-79, >80 % of cycle), *frequency*, *speed*, *posture hand/wrist frequency*.

Ein ähnlicher Ansatz wird auch von SLUITER et al. (2001) genannt. Ein Bezug zur Arbeit bei Beschwerden besteht, wenn folgende Kriterien für *physical and non physical factors* erfüllt sind:

*posture*: >50 % ROM regular  
*high repetitiveness*: >2 ... 4/min, cycle duration <30 s  
*most of the day*: >4 h/day

Weitere Kriterien sind:

*high force* >4 kg, *low social support*, *high psychological demands*, *too little recovery time*: <10 min/h when highly repetitive motions are performed, *vibration*.

Die Methode *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)* (Anhang 1, lfd. Nr. 06) berücksichtigt detailliert die Haltungen von Hand, Arm und Rumpf bei grober Unterscheidung der Lasten (Masse <2, 2-10, >10 kg) und verzichtet vollständig auf Zeitanteile.

Insgesamt überwiegen im Spektrum der Merkmalbeschreibungen die umgangssprachlichen Vereinfachungen wie z.B. mittlere Rumpfhaltung. Häufig anzutreffen sind auch einfache Begriffe mit metrischen Kennwerten wie z.B. Rumpfsseitneigung mit Winkelbereichen von 25 und 40 °.

### **2.3.4 Verwendete Merkmale**

#### Grundsätzliche Aspekte

Arbeitszeit, Zykluszeit, Arbeitsorganisation und Arbeitsumwelt sind über längere Zeiträume stabil und damit leicht erfassbar. Ein erhebliches Problem sind jedoch die unterschiedlichen, schnell ablaufenden Handlungsabfolgen mit variierenden Kräften, Greifarten und Hand-Arm-Stellungen. In fast allen Methoden wird darauf nicht oder nicht speziell Bezug genommen. Differenzierte Arbeitsfolgen werden auf durchschnittliche Häufigkeiten einzelner Krafthöhen oder Gelenkwinkel reduziert. Als einzige Ausnahme berücksichtigt OCRA (Anhang 1, lfd. Nr. 04) unterschiedliche Arbeitsverrichtungen (Tasks) in detaillierter Form. Aus Gründen der Praktikabilität bei der Vor-Ort-Analyse ist diese Reduzierung verständlich. Nicht nachvollziehbar ist allerdings, warum bei solcher Vereinfachung Einzelmerkmale mit exakten Zahlenwerten verwendet werden. Grundsätzlich erscheinen deshalb semiquantitative Beschreibungen mit Bereichsangaben praxisnäher.

#### Spezielle Aspekte der Merkmalprüfung

##### *Merkmal: Arbeitszeit*

Der Begriff Arbeitszeit ist unbestimmt. Generell ist damit die tariflich vereinbarte tägliche oder wöchentliche Arbeitszeit umschrieben. Gemeint ist jedoch die Gesamtzeit pro Tag, an der die zu beurteilende Tätigkeit ausgeführt wird. Geeigneter ist deshalb



der Begriff „Gesamtdauer der Tätigkeit pro Schicht“. Die Gesamtdauer ist ein wichtiges Maß für die Belastungsbeurteilung, sagt allerdings nichts über konkrete Einwirkungszeiten und Zeitverteilungen aus.

*Merkmale: Zykluszeit*

Der Zyklus ist eine Folge von technischen Aktionen, die immer auf die gleiche Weise wiederholt werden. Die Zyklusdauer ist in erster Linie ein sinnvolles Maß zur technologischen Gliederung der Tätigkeit. Für die Gefährdungsbeurteilung allein ist sie wenig hilfreich, wenn sie nicht zugleich Art und Umfang der Arbeitsfolge beschreibt. Vielfach wird unterstellt, dass kurze Zykluszeiten gleichbedeutend mit Einseitigkeit und Repetitivität und damit ein relevantes Belastungsmerkmal sind. In der Praxis gibt es jedoch auch bei langen Zykluszeiten gleichförmige und repetitive Arbeitsfolgen.

*Merkmale: Aktionskraft*

Aktionskräfte sind eine entscheidende Kenngröße für die muskuläre Beanspruchung. Die Höhe der Aktionskraft wird deshalb in vielen Methoden berücksichtigt und mit Grenzwerten quantifiziert. Da komplexe Bewegungsabläufe mit dynamischen Kraftverläufen praxistypisch und definierte statische Kraftausübungen selten sind, muss aus Gründen der Praktikabilität vereinfacht werden. Die Aktionskraft wird zulässigerweise auf eine Hauptkraftrichtung begrenzt. Kritisch ist es jedoch, wenn bei Arbeitsfolgen mit unterschiedlichen Arten der Krafteinleitung nur eine (mittlere oder maximale) Kraft berücksichtigt wird.

In den zitierten Methoden wird die Höhe der ausgeübten Aktionskräfte meist in Ordinalskalen abgebildet, die sich sowohl in den Krafthöhen als auch in der Art erheblich unterscheiden. Dabei gibt es drei unterschiedliche Zugangswege.

Der einfachste Weg sind allgemeine Beschreibungen wie gering, mittel, hoch. Ein anderer Weg ist die Zugrundelegung diskreter Aktionskraftwerte mit der korrekten physikalischen Einheit Newton. Sie wird in den EN- und ISO-Normen verwendet. Andere Methoden setzen Kräfte und Massen gleich und geben Bereiche an (z.B. 1 kg, 2-10 kg). Einige Methoden beziehen sich auf den Anteil an einer maximal möglichen Aktionskraft und geben die Bereiche als % MVC (maximum voluntary contraction) an. In den EN- und ISO-Normen sind die maximalen Kräfte nutzerpopulationsbezogen definiert. Ein weiterer Zugangsweg ist die Nutzung der subjektiven Anstrengungsempfindung. Nach der Borg-Skala wird die Krafthöhe eingestuft.

Interessant ist die Spreizung der angegebenen Kraftwerte. Während die ISO-Normen die Aktionskräfte im Bereich von 4 bis 20 N als Grenze im Finger-Hand-Bereich angeben, liegen die Werte in anderen Methoden sehr viel höher. Über die Bereiche von 3 kg, 4,5 kg, 10 kg reicht das Spektrum bis hin zu Maximalkräften (1/2-, 2/3-, nahe MVC).

Bei den üblicherweise kleinen Aktionskräften bei manuellen Arbeitsprozessen ist die Ermittlung allerdings sehr problematisch. Messungen scheiden für eine praktische Anwendung aus. Kraftschätzungen ohne Erfahrungen aus Vergleichsmessungen verunsichern die Anwender und sind erheblich fehlerbehaftet. Geeigneter erscheint die Beanspruchungswahrnehmung nach der Borg-Skala. Damit wird aber die objektive Belastungsbeurteilung durch individuelle Wahrnehmungen ersetzt.

Insgesamt ist die Höhe der Kraft eine unsichere Kenngröße, da nicht nur die absolute Höhe wichtig ist, sondern auch der Kraftverlauf und die beteiligten Muskelgruppen. Die größten Kräfte sind mit Umfassungsgriffen möglich. Trotz der höheren Kräfte ist die Muskelermüdung geringer als bei den geringen Kräften bei Zufassungsgriffen mit den Fingerspitzen. Zur richtigen Bewertung müssten also immer Krafthöhe und Art

der Krafteinleitung berücksichtigt werden. Damit bietet sich als möglicher Kompromiss die kombinierte Einordnung in Skalen anhand praxistypischer Arbeitshandlungen.

*Merkmal: Art der Krafteinleitung*

Die in den Methoden verwendeten Begriffe beschränken sich auf die Grundformen der Krafteinleitung Kontaktgriff, Zufassunggriff, Umfassunggriff und ergänzend Schlagen/Klopfen. Die Benutzung von Körperschutzmitteln, insbesondere von Handschuhen, die die Greifbarkeit verringern, wird nur selten erfragt.

Die Bewertung der Art der Krafteinleitung erfolgt selten, obwohl sie entscheidend für die beteiligten Muskelgruppen ist und im Zusammenhang mit der erforderlichen Bewegungskoordination steht.

Wie im vorangegangenen Abschnitt zum Merkmal Aktionskraft bereits genannt, bietet sich eine kombinierte Erfassung von Krafthöhe und Art der Krafteinleitung an.

*Merkmal: Dauer bzw. Häufigkeit der einzelnen Aktionskraftaufwendung*

Repetitivität oder Wiederholungsfrequenz werden in fast allen Methoden erfasst. Unklar bleibt jedoch bei mehreren Methoden, auf welche Ereignisse sich diese Frequenz bezieht. Offensichtlich wird davon ausgegangen, dass sich eine klar erkennbare technische Aktion ständig wiederholt. In der Praxis ist das jedoch selten. Dauer und Häufigkeit der Einzelbelastung können sehr stark variieren. Typische Tätigkeiten sind durch den Wechsel von unterschiedlichen Handgriffen gekennzeichnet. Die gleichartige Bewegung beider Hände tritt nur bei Tastaturbedienung oder einfachen Arbeitsfolgen auf. Bei höherer Anforderung an die Koordination dient eine Hand als passive Haltehand, die andere als Aktivhand.

Bei komplexen Bewegungsabläufen ist es kaum möglich, einzelne Bewegungen zu unterscheiden und zu zählen. Wenn neben Bewegungen noch Halten hinzukommt, müsste als zweite Dimension auch die Haltedauer berücksichtigt werden. Unproblematisch ist die Erfassung allerdings, wenn die Arbeit nach MTM gestaltet wurde und entsprechende Zeitwerte vorliegen.

Der Schwerpunkt bei diesem Merkmal ist die Definition von sinnvollen und zählbaren Aktionen.

*Merkmal: Arbeitsorganisation*

Unter dieser Bezeichnung sind Art und Verteilung der Arbeitsaufgaben, Verkettung von Arbeitsplätzen, Pausenmöglichkeiten und Entlohnungsformen zusammengefasst. Diese Merkmale werden vergleichsweise selten berücksichtigt. Das am meisten (bei 30 % aller Methoden) verwendete Merkmal sind Erholungspausen.

Die in der betrieblichen Praxis übliche Gewährung von Zusatzpausen, Job-Rotation und Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten findet damit nur geringe Beachtung. Die Kumulation von Ermüdung kann damit verhindert werden. Andererseits ist eine enge Taktvorgabe ohne Pausen ebenso wie eine intensive Akkordarbeit ein relevanter Belastungsfaktor. Ob eine Überbeanspruchung möglich ist, hängt nicht nur vom Arbeitspensum, sondern auch von Belastungs-Entlastungswechsel ab.

*Merkmal: Arbeitsumwelt*

Merkmale der Arbeitsumwelt werden in unterschiedlicher Weise berücksichtigt.

Bei fast allen Methoden wird nach Vibrationseinwirkung im Hand-Arm-Bereich gefragt; fast immer nur qualitativ (Wird mit vibrationserzeugenden Werkzeugen gearbeitet?) oder semiquantitativ (keine, geringe, ... , hohe Exposition).

Die weiteren Merkmale der Arbeitsumwelt beschränken sich fast ausschließlich auf Komponenten des Klimas und der Beleuchtung. Allerdings ist die quantitative Differenzierung gering. Es werden kaum Grenzwerte angegeben. Die verwendeten Begriffe sind selbsterklärend, wie z.B. Kälte oder Flackern.

In geringem Umfang werden passive Einwirkungen, wie z.B. Druckeinwirkung, berücksichtigt.

*Merkmale: Körperhaltungen und Hand-Arm-Stellungen*

Diese Merkmale sind hinsichtlich der verwendeten Begriffe, der Anzahl, der Grenzwerte und methodenspezifischen Auswahl am vielfältigsten. Bei den erforderlichen Körperhaltungs- und Bewegungsanalysen werden Intensität und Dauer/Häufigkeit einer Gelenk- bzw. Körperteilstellung ermittelt.

Um komplexe und schnelle Bewegungsabläufe abbilden zu können, werden sie auf die Angabe der Dauer/Häufigkeit des Erreichens ausgewählter Gelenkwinkel reduziert. Aus Gründen der Praktikabilität muss diese Vereinfachung akzeptiert werden. Exakte Bewegungsanalysen sind sehr aufwändig und im Kontext der betrieblichen Gefährdungsbeurteilung nicht zu leisten. Zu bedenken ist auch, dass die schädliche Wirkung bestimmter Gelenkwinkel epidemiologisch nur unzureichend gesichert werden kann. Indikator dafür sind auch die unterschiedlichen Angaben zu den Grenzwerten der Gelenkwinkel. Das komplexe System von sich untereinander beeinflussenden Muskelgruppen, individuell unterschiedlichen Bewegungsmustern und Geschicklichkeiten hat keine eindimensionale lineare Ursache-Wirkungs-Beziehung.

Bei den Begriffen hat die Anschaulichkeit Vorrang vor anatomischer Korrektheit. So wird z.B. die „Einwärtsdrehung der Hand“ (durch Verdrehung der Unterarmknochen Elle und Speiche zwischen Handgelenk und Ellenbogen) auch als Unterarmverdrehung (Anhang 1, lfd. Nr. 15, 19, 23 u.a.) oder Handgelenkverdrehung (Anhang 1, lfd. Nr. 12) bezeichnet oder dem Ellenbogen zugeordnet (Anhang 1, lfd. Nr. 01).

Eine zusätzliche Berücksichtigung von Merkmalen der ergonomischen Qualität als Ursache für ungünstige Körperhaltungen erfolgt nur bei wenigen Methoden.

Die Berücksichtigung der einzelnen Haltungskomponenten ist unterschiedlich und schließt a priori bestimmte Belastungsarten von einer späteren Bewertung aus. Teilweise werden grobe Bewegungen im Schulter-Arm-Bereich, teilweise kleine Kräfte im Finger-Hand-Bereich betrachtet, teilweise auch die Gesamtkörperhaltung.

*Merkmale: psychosoziale Faktoren*

In den ausgewerteten Methoden wird eine Vielzahl von Merkmalen zu den psychosozialen Bedingungen berücksichtigt. Allerdings sind Auswahl und Definition sehr unterschiedlich und beziehen sich meist auf arbeitsorganisatorische Aspekte. Relativ häufig berücksichtigt werden Arbeitsdruck, Handlungsspielraum, Taktbindung und Entlohnung. Damit werden typische Merkmale der psychischen Belastung, wie Stress oder Monotonie, umschrieben.

Anforderungen an die Sinnesleistung, insbesondere erhöhte Sehanforderungen werden bei vier Methoden berücksichtigt.

*Merkmale: individuelle Faktoren*

Bei der Bewertung werden in einigen Methoden Gesundheitszustand, Beschwerden und Trainiertheit der Beschäftigten berücksichtigt.

### 2.3.5 Erfassbarkeit der Merkmale

Die Konkretisierung der Merkmale durch Zahlenwerte, wie z.B. 50 % ROM oder 35° ulnare Auslenkung des Handgelenks, ist ein häufig gewählter Ansatz. Leider ist dieser Ansatz fast immer messtechnisch unkorrekt. Die Messpunkte sind unzureichend definiert, Messvorschriften fehlen und Messbereiche sind willkürlich festgelegt. Allerdings wären auch bei korrekten Vorgaben diese Werte nur unter Laborbedingungen messbar und somit für wenige ausgewählte Fälle anwendbar. Schwerer wiegt jedoch das Problem der Begrenzung auf ausgewählte Einzelmerkmale ohne Beachtung der komplexen Bewegungsabläufe. Unterstellt wird dabei eine quasistatische Arbeitsform. Für schnelle und komplexe Bewegungsabläufe mit einer Vielzahl von Winkeländerungen sind solche ausgewählten Einzelmerkmale wenig geeignet.

Analog sind die Bedingungen bei den Aktionskräften. Die Ausübung einer gleichbleibend hohen, definierten Aktionskraft dürfte eine Ausnahme sein. In der Praxis überwiegen dynamische, räumliche Kraftverläufe, die beeinflusst werden durch Massenträgheitskräfte, Arbeitsgeschwindigkeit und Art der Krafteinleitung. Hinzu kommt, dass die meist geringen Finger-/Handkräfte selbst unter Laborbedingungen kaum messbar sind und eine Schätzung der Höhe der Kraft (analog zur Schätzung des Gewichtes) nicht möglich ist.

Da fast alle Methoden für die Analyse unter Praxisbedingungen gedacht sind, können die Zahlenangaben nur als grobe Richtwerte verstanden werden.

### 2.3.6 Realitätsnähe der Merkmale

Viele Methoden verwenden zur Differenzierung der Merkmale quantitative Angaben. Die dabei angegebenen Zahlenwerte erscheinen mitunter unrealistisch. Ursächlich dafür ist die nicht eindeutig gezogene Grenze zwischen repetitiver Handarbeit mit Bezug zum Problembereich RSI und der manuellen Lastenhandhabung mit überwiegender Lendenwirbelsäulenbeanspruchung, aber auch mit Hand-Arm-Beteiligung.

Ein Beispiel hierfür ist der Quick-Exposure-Check (Anhang 1, Nr. 12). Die erfassten Merkmale werden erst bei Bewertung den vier Körperregionen Rücken, Nacken, Schulter/Arm, Handgelenk zugeordnet. Die Skalierung der Aktionskräfte in den Stufen <6 kg, 6-10 kg, 11-20 kg und >20 kg differenziert bei repetitiver Arbeit zu wenig.

So entsprechen z.B. auch die abgegebenen Mindestkriterien für den Zusammenhang von RSI-Beschwerden und Arbeit nach SLUITER et al. (2001) eher der leichten Lastenhandhabung und weniger der repetitiven Hand-Arm-Arbeit. Eine Häufigkeit von 2 ... 4 pro Minute und Lastgewichte >4 kg widersprechen der üblichen repetitiven Arbeit mit sehr viel größeren Häufigkeiten und kleineren Kräften (Abschn. 5.2). Die in der Methode TLV Handwork Level (Anhang 1, Nr. 10) angegebenen Frequenzen von 0,125 bis 2 pro Sekunde hingegen entsprechen der Realität.

Auch die angegebenen Kraftbereiche erscheinen mitunter zu hoch. Unter dem Blickwinkel der repetitiven Hand-Arm-Belastung dürften Kräfte oberhalb von 50 N schon die Grenze der Ausführbarkeit erreichen. Angaben von 1/2 oder nahe der MVC erscheinen unrealistisch, wenn 5-8 % der Maximalkraft die Dauerbelastungsgrenze für die kleine Hand-Arm-Muskulatur sind.

Ähnlich ist die Situation auch bei den angegebenen Winkeln der Körperhaltung und Gelenkstellung.

### 2.3.7 Analysenergebnisse und deren Bewertung

Alle Analysenergebnisse beinhalten die Beschreibungen der jeweils ausgewählten Merkmale. Dabei gibt es verschiedene Formen der Beschreibung, von Kurzbegriffen bis hin zu kompletten Erläuterungen, von allgemeinen Umschreibungen bis hin zu exakten Zahlenwerten. Tabelle 2.3 gibt einen groben Überblick über die Art der Erfassung und der Bewertung. Die Einordnung in die Tabellenfelder erfolgt nach dem grundsätzlichen Charakter der Methode, nicht nach allen Details. Verbale Beschreibungen werden manchmal durch die Angabe von Zahlen verdeutlicht.

**Tab. 2.3** Übersicht über Art der Methoden und der Beurteilungsergebnisse

Art	Art der Merkmalbeschreibung			Gesamtbewertung		Methoden-Nr. in Anhang 1
	verbal	semi-quantitativ	quantitativ	Ampel	Kennzahl	
Checkliste	x	-	-	-	-	9, 18, 21, 22, 28, 29, 30, 34, 36
	x	x	x	-	-	19, 31
	x	-	x	x	-	3, 13, 37
Berechnung	x	x	-	-	x	5
	-	-	x	-	x	1, 2, 4, 6, 7
	-	x	x	-	x	8, 11, 14, 16, 17, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 35
	x	-	x	-	x	10, 12, 15

Ebenso differenziert wie die Merkmalbeschreibung ist die Bewertung. In einfachen Prüflisten erfolgt eine Einordnung meist nach dem ja-nein-Prinzip ohne weitergehende Gesamtbewertung. Manchmal erfolgt auch eine dreistufige Einordnung „grün-gelb-rot“. Bei einigen Methoden sind die Checklisten die Vorstufe zur groben Risikerkennung. Bei ungünstigen Antworten sind weitergehende Analysen mit quantitativen Merkmalen erforderlich.

In Methoden mit quantitativer Gesamtbewertung werden die Einzelmerkmale fast immer ordinalskaliert und durch Addition oder Multiplikation zu einer Gesamtkennzahl verrechnet. Die Kennzahlen werden Gefährdungsbereichen zugeordnet oder im Vergleich von empfohlenen Belastungsgrenzen mit vorhandenen Belastungen als Quotient ausgedrückt.

Wichtiger als die mathematische Prozedur der Kennzahlenbildung ist jedoch die Definition einer erträglichen Grenzbelastung. Hierzu gibt es nur in wenigen Methoden entsprechende Begründungen. Die Kernfrage ist: Was wird bewertet? Bei monokausalen Zusammenhängen wäre die Antwort noch leicht. Bei multikausalen Zusammenhängen und dynamischen Bewegungsabläufen ist sie nicht mehr zu beantworten. In vielen Methoden wird deshalb darauf verzichtet. Ausnahmen sind hier die Normen, sie definieren bei Einhaltung der empfohlenen Grenzen eine Gefährdungsfreiheit für 85 % der Nutzerpopulation.

Ein anderes Problem ist die Bildung von Gesamtkennzahlen. RULA und REBA z.B. bilden eine Gesamtkennzahl unter Verrechnung aller Körperteilstellungen. In der

prEN 1005-5 werden nur Unterarm- und Handstellungen beachtet; bei OCRA zusätzlich das Schultergelenk. Unterschiedliche Beanspruchungsformen werden ohne Berücksichtigung ihres Zusammenhangs mathematisch verknüpft. Bei Berücksichtigung der im Abschnitt 2 genannten 13 Einzeldiagnosen sind solche Zusammenfassungen fragwürdig. Andererseits haben diese Gesamtkennzahlen für den Praktiker die wichtige Funktion einer Vergleichszahl für die Begründung der Handlungsnotwendigkeit. Eine Vielzahl von korrekten Einzelwertungen wäre nicht mehr praktikabel.

### **2.3.8 Vergleich der Beurteilungsergebnisse**

Ein Vergleich der Beurteilungsergebnisse, die mit den verschiedenen Methoden vorgenommen wurden, ist nicht möglich. Da unterschiedliche Parameter und Bewertungsschemata angewandt werden, müssen auch die Ergebnisse unterschiedlich sein.

Wichtiger ist jedoch ein Vergleich der Beurteilungsergebnisse mit der Realität. Die Beurteilung von realen Tätigkeiten (Abschn. 5) führt bei vielen Methoden sehr häufig zu erheblichen Überschreitungen der empfohlenen Werte. Für die betrieblichen Praktiker entstehen daraus Konflikte, insbesondere hinsichtlich der Akzeptanz der Ergebnisse im Vergleich mit dem Gesundheitszustand der Mitarbeiter. Ein weiterer Konflikt sind die daraus resultierenden präventiven Maßnahmen. Da häufig bereits ein hohes ergonomisches Niveau vorhanden ist, sind die Möglichkeiten der Reduzierung der Arbeitsbelastung begrenzt. Es würde auf eine Reduzierung der Arbeitsleistung oder auf Personalauswahl hinauslaufen. Daraus ergäben sich unabsehbare betriebs- und volkswirtschaftliche Konsequenzen.

### **2.3.9 Schlussfolgerungen**

Bei der Entwicklung von Methoden zur Analyse und Bewertung der „leichten“ Hand-Arm-Arbeit gibt es etliche kritische Konstellationen. Im Vergleich zur Beurteilung der manuellen Lastenhandhabung sind hier wesentlich mehr und differenziertere Merkmale zu beachten. Eine Methode für alle Fälle erscheint nach den kritischen Betrachtungen fast unmöglich zu sein. Die Trennung in unterschiedliche Belastungsformen hingegen würde zu noch mehr Methoden mit weiteren Übergangsbereichen führen, eine Situation, die den Praktikern nicht zugemutet werden kann. Die Grenzbereiche von manueller, repetitiver Arbeit zur Lastenhandhabung einerseits und zur haltungsdominierten einseitigen Minimalbelastung andererseits sind schon schwierig genug. Notwendig erscheint deshalb die Eingrenzung auf relevante, realistische und sicher erfassbare Merkmale der Tätigkeit. Bei der unsicheren Ursache-Wirkungsstruktur in Verbindung mit unterschiedlichen Sichtweisen und denkbaren Konsequenzen erscheint ein strategisches Konzept zu Möglichkeiten und Grenzen zwingend notwendig.

## **3 Konzeption Leitmerkmalmethoden**

### **3.1 Vorbemerkungen**

Die erste Leitmerkmalmethode zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei der manuellen Lastenhandhabung wurde 1996 der Öffentlichkeit vorgestellt. Sie war das Ergebnis einer umfangreichen Projektarbeit zur Umsetzung der EG-Richtlinie 269/90 (STEINBERG et al., 1998, 2000). Dementsprechend ist sie eine Methode zur Gefährdungsbeurteilung. Relevante Merkmale der physischen Arbeitsbelastung werden in Skalenform erfasst und hinsichtlich eines möglichen gesundheitlichen Risikos beurteilt. Sie liegt auf dem Niveau eines praxisgerechten Screenings, ist allgemein anwendbar und erfordert keine ergonomischen Spezialkenntnisse.

2001 wurde eine Revision vorgenommen und eine weitere Methode zur Beurteilung von Ziehen und Schieben veröffentlicht. Die Methoden sind vom Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik und von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin zur Anwendung empfohlen (JÜRGENS et al., 2001, 2002). Sie haben eine große Verbreitung und Akzeptanz bei den Anwendern gefunden. Die Breitenanwendung hat aber auch bestehende Lücken deutlich gemacht. Bei Betriebspraktikern besteht ein dringender Bedarf an der Gesamtbeurteilung von Tätigkeiten mit unterschiedlichen physischen Belastungen und der Beurteilung von repetitiven manuellen Tätigkeiten. Das vorliegende Projekt ist durch diesen Bedarf begründet.

### **3.2 Grundsätze**

An die Leitmerkmalmethoden werden folgende Anforderungen gestellt:

- Wertneutrale Beschreibung der wichtigsten Tätigkeitsmerkmale
- Aufdeckung und Grobquantifizierung von relevanten Gefährdungen
- Hinweis auf Gestaltungsengpässe
- Möglichkeit einer Risikoabschätzung
- Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Beurteilung durch den Anwender
- Sichere Erfassbarkeit der Merkmale mit möglichst geringem Aufwand
- Belegminimierung
- Kalkulierbarkeit von Beurteilungsfehlern
- Anwendbarkeit für Arbeitsvorbereiter, Sicherheitsfachkräfte, Betriebsärzte, Inspektoren und Personalvertreter.

### **3.3 Formeller Aufbau**

Die LMM sind im Original als einseitige DIN A4-Arbeitsblätter konzipiert. Aus Gründen der Praktikabilität ist dabei die vollständige Übersicht wichtig (Abb. 3.1). Die Arbeitsblätter können direkt beschrieben und im Sinne der Dokumentationspflicht (§ 6 ArbSchG) abgelegt werden. Die Rückseiten enthalten die wichtigsten Anwendungshinweise.

**Beurteilung von Lastenhandhabungen anhand von Leitmerkmalen** Version 2001

Die Gesamttätigkeit ist ggf. in Teiltätigkeiten zu gliedern. Jede Teiltätigkeit mit erheblichen körperlichen Belastungen ist getrennt zu beurteilen.

Arbeitsplatz/Teiltätigkeit: \_\_\_\_\_

**1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung** (Nur eine zutreffende Spalte ist auszuwählen!)

Hebe- oder Umschlagvorgänge (< 5 s)		Halten (> 5 s)		Tragen (> 5 m)	
Anzahl am Arbeitstag	Zeitwichtung	Gesamtdauer am Arbeitstag	Zeitwichtung	Gesamtweg am Arbeitstag	Zeitwichtung
< 10	1	< 5 min	1	< 300 m	1
10 bis < 40	2	5 bis 15 min	2	300 m bis < 1 km	2
40 bis < 200	4	15 min bis < 1 Stunde	4	1 km bis < 4 km	4
200 bis < 500	6	1 Stunde bis < 2 Stunden	6	4 bis < 8 km	6
500 bis < 1000	8	2 Stunden bis < 4 Stunden	8	8 bis < 16 km	8
= 1000	10	≥ 4 Stunden	10	= 16 km	10

*Beispiele:* • Setzen von Mauersteinen, • Einlegen von Werkstücken in eine Maschine, • Pakete aus einem Container entnehmen und auf ein Band legen





*Beispiele:* • Halten und Führen eines Gussrohrlings bei der Bearbeitung an einem Schweißbock, • Halten einer Handschweißmaschine, • Führen einer Motorsäge

*Beispiele:* • Möbeltransport, • Tragen von Geräteteilen vom Lkw zum Aufstellort

**2. Schritt: Bestimmung der Wichtungen von Last, Haltung und Ausführungsbedingungen**

Wirksame Last <sup>1)</sup> für Männer	Lastwichtung	Wirksame Last <sup>1)</sup> für Frauen	Lastwichtung
< 10 kg	1	< 5 kg	1
10 bis < 20 kg	2	5 bis < 10 kg	2
20 bis < 30 kg	4	10 bis < 15 kg	4
30 bis < 40 kg	7	15 bis < 25 kg	7
= 40 kg	25	= 25 kg	25

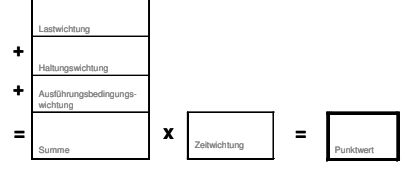
<sup>1)</sup> Mit der "wirksamen Last" ist die Gewichtskraft bzw. Zug-/Druckkraft gemeint, die der Beschäftigte tatsächlich bei der Lastenhandhabung ausüben muss. Sie entspricht nicht immer der Lastmasse. Beim Köppen eines Kartons wirken nur etwa 50 %, bei der Verwendung einer Schubkarre oder Sackkarre nur 10 % der Lastmasse.

Charakteristische Körperhaltungen und Lastposition <sup>2)</sup>	Körperhaltung, Position der Last	Haltungswichtung
	• Oberkörper aufrecht, nicht verdreht • Last am Körper	1
	• geringes Vorneigen oder Verdrehen des Oberkörpers • Last am Körper oder körpfernah	2
	• tiefes Biegen oder weites Vorneigen • geringe Vorneigung mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers • Last körperfern oder über Schulterhöhe	4
	• weites Vorneigen mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers • Last körperfern • eingeschränkte Haltungsverstabilität beim Stehen • Hocken oder Knien	8

<sup>2)</sup> Für die Bestimmung der Haltungswichtung ist die bei der Lastenhandhabung eingenommene charakteristische Körperhaltung einzusetzen; z.B. bei unterschiedlichen Körperhaltungen mit der Last sind mittlere Werte zu bilden – keine gelegentlichen Extremwerte verwenden!

Ausführungsbedingungen	Ausf.-wichtung
Gute ergonomische Bedingungen, z. B. ausreichend Platz, keine Hindernisse im Arbeitsbereich, ebener rutschfester Boden, ausreichend beleuchtet, gute Griffbedingungen	0
Einschränkung der Bewegungsfreiheit und ungünstige ergonomische Bedingungen (z.B. 1.: Bewegungsraum durch zu geringe Höhe oder durch eine Arbeitsfläche unter 1,5 m <sup>2</sup> eingeschränkt oder 2.: Standsicherheit durch unebenen, weichen Boden eingeschränkt)	1
Stark eingeschränkte Bewegungsfreiheit und/oder Instabilität des Lastschwerpunktes (z.B. Patiententransfer)	2

**3. Schritt: Bewertung**  
Die für diese Tätigkeit zutreffenden Wichtungen sind in das Schema einzutragen und auszurechnen.



Anhand des errechneten Punktwertes und der folgenden Tabelle kann eine grobe Bewertung vorgenommen werden.<sup>3)</sup> Unabhängig davon gelten die Bestimmungen des Mutterschutzgesetzes.

Risikobereich	Punktwert	Beschreibung
1	< 10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
	10 bis < 25	Erhöhte Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen <sup>4)</sup> möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis < 50	Wesentlich erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt. <sup>5)</sup>
	≥ 50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich. <sup>5)</sup>

<sup>3)</sup> Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems zunimmt. Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen fließend. Damit darf die Einstufung nur als Orientierungshilfe verstanden werden.

<sup>4)</sup> Vermindert belastbare Personen sind in diesem Zusammenhang Beschäftigte, die älter als 40 oder jünger als 21 Jahre alt, "Neulinge" im Beruf oder durch Erkrankungen leistungsgemindert sind.

<sup>5)</sup> Gestaltungsformelasse lassen sich anhand der Punktwerte der Tabellen ermitteln. Durch Gewichtsverminderung, Verbesserung der Ausführungsbedingungen oder Verringerung der Belastungszeiten können Belastungen vermieden werden.

Überprüfung des Arbeitsplatzes aus sonstigen Gründen erforderlich:

Begründung: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Datum der Beurteilung: \_\_\_\_\_ Beurteilt von: \_\_\_\_\_

Abb. 3.1 Formblatt Leitmerkmalmethode Heben, Halten, Tragen

**3.4 Beschreibung der Tätigkeit**

Die LMM enthalten Beschreibungen zu Art und Ausprägung der relevanten Tätigkeitsmerkmale. Das sind Merkmale, die einen erheblichen Einfluss auf die unterstellten Wirkungszusammenhänge haben. Die Auswahl der Merkmale richtet sich darum zuerst nach ihrem Einfluss auf die Ursache-Wirkungs-Beziehung. Wichtig ist aber auch, dass diese Merkmale unter Praxisbedingungen sicher erfasst werden können. Die Verwendung von Messwerten wäre grundsätzlich wünschenswert, praktisch aber wegen des hohen Aufwandes nicht finanzierbar. Das gilt insbesondere für die Messung von Körperkräften, Körperhaltungen und Ausführungsbedingungen. Die allgemeine Praxisverständlichkeit der Begriffe hat Vorrang vor wissenschaftlicher Exaktheit.

In den Tabellen der Formblätter wird die Ausprägung der Leitmerkmale durch die Einstufung in Wertebereiche grob quantifiziert. Das Spektrum der Wertebereiche soll die Bedingungen der Praxis weitgehend vollständig abbilden. Die Skalen sind deshalb nicht primär durch epidemiologische Studien begründet, sondern durch die betriebliche Realität. Sie reichen grundsätzlich von minimal/optimal bis maximal/extrem ungünstig und sind ordinal gestuft. Innerhalb der grob gestuften Skalen kann sinngemäß interpoliert werden. Bei Überschreitung dieser Wertebereiche kann sinngemäß extrapoliert werden.



## 3.5 Bewertung

### 3.5.1 Modell

Die Bewertung erfolgt differenziert in zwei Stufen.

Durch die Skalierung der einzelnen Belastungsmerkmale erfolgt eine erste Bewertung. Der Anwender erkennt die Höhe der vorhandenen Belastung im Vergleich mit der praktisch möglichen.

**Tab. 3.1** Beispiel LMM Heben, Halten, Tragen – Skalierung des Lastgewichtes für Männer

Lastgewicht	<10 kg	10 ... <20 kg	20 ... <30 kg	30 ... <40 kg	≥ 40 kg
Wichtung	1	2	4	7	25

Die Methoden enthalten als zweite Stufe die Möglichkeit zur Bewertung des Gesamtrisikos einer Überbeanspruchung. Obwohl diese Form einer mathematischen Verknüpfung von unterschiedlichen biologischen Wirkungen problembehaftet ist, wird sie wegen ihrer Praktikabilität angewendet. Für die betrieblichen Akteure ist die Frage nach komplexen synergetischen oder kompensatorischen Beanspruchungsformen nachrangig. Sie benötigen für ihre Arbeit akzeptierte und „handliche“ Kennwerte.

Bei der Risikobewertung wird der Grad der Wahrscheinlichkeit einer Schädigung des Muskel-Skelett-Systems angegeben – nicht ihre Schwere und nicht die Lokalisation. Die Bewertung erfolgt durch Multiplikation der Zeitwichtung mit der Summe der Leitmerkmalwichtungen. Die Punktzahl stellt ein Maß für das vorhandene Risiko dar. Zwischen den Bereichen bestehen fließende Übergänge (Abb. 3.2).

Das Bewertungsmodell berücksichtigt die einwirkende Belastungsdosis und konstitutionelle Variabilität.

Risikobereich	Punktwert	Beschreibung
1	<10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis <25	Erhöhte Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis <50	Wesentlich erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.
4	≥50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

**Abb. 3.2** Bewertungstabelle aus dem Formblatt der LMM Heben, Halten, Tragen (Abb. 3.1)

### 3.5.2 Bewertung in der Praxis

Die Bewertung beruht formell auf der rechnerischen Verbindung der skalierten Tätigkeitsbeschreibung. Es werden immer konkrete Zahlenwerte errechnet. Diese sind im

Gesamtkontext zu betrachten. Dabei sind insbesondere zwei Aspekte von Bedeutung: Die fließenden Übergänge zwischen den Bereichen und die möglichen Beurteilungsfehler.

Grundsätzliches Gestaltungsziel sollte die Einhaltung des Bereiches bis 25 Punkte sein. Dadurch wird eine gesundheitliche Schädigung durch manuelle Lastenhandhabung weitestgehend ausgeschlossen. Es ist aber weder physiologisch notwendig noch wirtschaftlich angemessen, diese Grenze als Dogma anzusetzen. Die Grenze schützt vor allem physisch gering belastbare Beschäftigte. Für physisch höher belastbare Beschäftigte dürften auch Werte um 35 noch akzeptabel sein. Die Arbeitsgestaltung sollte deshalb immer die vorhandene Leistungsfähigkeit der Beschäftigtenstruktur berücksichtigen.

Auswertungen der Erprobungsergebnisse weisen in diesem Zusammenhang auf ein gelegentliches, aber ernstes praktisches Problem hin: Die Beurteilungsergebnisse signalisieren ein mögliches Risiko, das aber so nicht akzeptiert wird und/oder mit angemessenem Aufwand nicht abgestellt werden kann. Reaktionen sind die Zurückweisung der Beurteilungsmethode oder eigenmächtige Änderungen der Skalierung.

Fast immer resultieren diese Probleme aus einer zu engen Betrachtungsweise und ungenügenden Berücksichtigung des Beurteilungsmodells. Der Risikobereich 2 ist definiert als: *Erhöhte Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.* Der Risikobereich 3 ist definiert als: *Wesentlich erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.*

Bei der begrifflichen Ausarbeitung wurde diesen Zusammenhängen große Aufmerksamkeit geschenkt. Der Begriff „Belastung“ ist arbeitsanforderungsbezogen und damit personenunabhängig. Der Begriff „Beanspruchung“ ist die wertfreie Reaktion eines individuellen Organismus auf einwirkende Belastung. „Körperliche Überbeanspruchung“ hingegen bezeichnet mögliche negative Folgen bei einwirkender Belastung. „Belastbarkeit“ benennt die Fähigkeit, eine einwirkende Belastung ohne negative Beanspruchung zu ertragen. „Normale Belastbarkeit“ berücksichtigt hierbei das sehr breite Spektrum der individuell unterschiedlichen physischen Leistungsfähigkeit. Muskelmasse, Ausdauer, Körpermaße, Gesundheitszustand und Motivation sind neben Geschlecht und Alter einige der Variablen, die zu beachten sind. „Mögliche Überbeanspruchung“ besagt, dass Schädigungen nicht immer und zwangsläufig erfolgen, sondern nur, wenn ein Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit besteht. Diese Begriffe müssen im richtigen Kontext interpretiert werden.

Für die Praxis bedeutet das, dass im Bereich von 25 bis 50 Punkten auf eben dieses Missverhältnis zu achten ist. Da für den Arbeitgeber ebenso wie für den Betriebsarzt eine exakte Einschätzung der Belastbarkeit kaum möglich ist, kommt einem „Frühwarnsystem“ hohe Bedeutung zu. Hierfür kann im Sinne eines Biomonitorings die Belastungserhebung durch sensible Erfassung von empfundener Beanspruchung und Gesundheitsbeschwerden der Beschäftigten ergänzt werden. Betriebsärztliche Unterstützung ist ferner durch ausgewählte orthopädische Untersuchung effektiv möglich (CAFFIER et al., 1999). Primäres Gestaltungsziel ist also nicht vordergründig die Einhaltung von 25 Punkten, sondern eine angemessene physische Belastung, die Schädigungen sicher vermeidet. Wenn die Beschäftigten keine Überbeanspruchung empfinden, wenn keine gesundheitlichen Beschwerden vorliegen und keine erhöhte Krankheitsquote erkennbar ist, besteht kein Handlungsbedarf. Voraussetzung ist, dass dieser Nachweis tatsächlich geführt wird. Praxisgerechte methodische Unterstützungen hierzu enthält der „Rückenkompass“ ([www.rueckenkompass.de](http://www.rueckenkompass.de)).

Ab 50 Punkte besteht grundsätzlich eine Handlungsnotwendigkeit.

### 3.6 Anwendungserfahrungen

Nach fast zehnjähriger Breitenanwendung liegen umfangreiche Erfahrungen vor. Die Methoden haben sich als praxisgerecht erwiesen. Die Ergebnisse sind glaubwürdig und vielfach Grundlage für korrektive Präventionsansätze und prospektive Arbeitsgestaltung. Daraus ergaben sich neue Fragen, z.B. wenn einseitige Tätigkeiten durch Arbeitsplatzwechsel vermieden werden. Wie ist der Wechsel mit anderen Tätigkeiten zu bewerten. Daraus ergibt sich der Bedarf nach ganzheitlicher Tätigkeitsbeurteilung. Das ursprüngliche Konzept der Engpassbetrachtung reicht hier nicht mehr aus, nicht zuletzt auch deshalb, weil geeignete Methoden zur Beurteilung anderer Formen der physischen Belastung fehlen. Die vielfach vorgenommene Addition von mehreren Punktwerten entspricht nicht den methodischen Grundlagen und ist als Fehlbeurteilung einzuordnen. Deshalb gilt bislang der Grundsatz, dass die Auswertung hinsichtlich einer Engpassdiskussion gemeinsam mit den Beschäftigten erfolgen sollte. Sind damit die Fragen nicht lösbar, werden aufwändigere Arbeitsanalysen erforderlich, da mögliche Synergie- oder Kompensationswirkungen in starkem Maß durch die Arbeitsabfolge bestimmt werden. Ob Gesamttätigkeitsbeurteilungen nach dem Leitmerkmalmethodenkonzept möglich sind, wird in einem weiteren Projekt geprüft werden.

Ein wichtiger Aspekt sind auch die möglichen Beurteilungsfehler. Sie entstehen fast immer durch:

- Unzureichende Kenntnis der zu beurteilenden Tätigkeit
- Nichtberücksichtigung der Hinweise in der Handlungsanleitung, insbesondere hinsichtlich der typischen Bedingungen
- Negativauswahl der Merkmale: In solchen Fällen wird die gesamte Tätigkeitsdauer mit den maximal vorkommenden Lastgewichten und ungünstigsten Körperhaltungen verrechnet.

Beispiel: Entnahme von 300 Kartons aus einer Boxpalette, mittlere Lastwichtung 4 (15 kg), maximale Lastwichtung 7 (32 kg), mittlere Körperhaltung 4, ungünstigste Körperhaltung 8, Ausführungsbedingungen gut. Die richtige Rechnung ist  $(4 + 4 + 0) \times 6 = 48$ . Falsch gerechnet ergeben sich  $(7 + 8 + 0) \times 6 = 90$  Punkte.

- Fehlerverkettung durch falsch verstandene Methodendisziplin: Theoretisch möglich sind Kombinationen von Tätigkeitsmerkmalen, die bei Zuordnung der Wichtungen für Zeit und Lastgewicht immer knapp an der Grenze liegen.

Beispiel 1: Häufigkeit 210, Lastgewicht 21 kg. Daraus errechnen sich bei Körperhaltungswichtung 2 und Ausführungsbedingungswichtung 0:  
 $(4 + 2 + 0) \times 6 = 36$  Punkte.

Beispiel 2: Häufigkeit 195, Lastgewicht 19 kg. Daraus errechnen sich bei Körperhaltungswichtung 2 und Ausführungsbedingungswichtung 0:  
 $(2 + 2 + 0) \times 4 = 16$  Punkte. Tatsächlich ist die Belastung jedoch gleich. Bei der Interpolation dieser Werte ergeben sich die richtigen  $(3 + 2 + 0) \times 5 = 25$  Punkte.

Zur Vermeidung von solch gravierenden Fehlbeurteilungen muss interpoliert werden.

Insgesamt sind die Leitmerkmalmethoden praktikabel und zuverlässig. Aus kritischer methodologischer Sicht sind die notwendigen Kompromisse gelungen und relevante

Fehler bei disziplinierter Anwendung vermeidbar. Aus Anwendersicht besteht eine gute Übereinstimmung zwischen Beurteilung und betrieblichen Erfahrungen. Die über die bestimmungsgemäße Anwendung zur Engpassbeurteilung auf Screeningniveau hinausgehenden vielfältigen Anwendungen belegen die hohe Akzeptanz bei den Nutzern, sind aber methodisch nicht abgesichert. In Verbindung mit dem Kontrollsystem des Rückenkompasses sind schwerwiegende Anwendungsfehler aber vermeidbar.

## **4 Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse – Entwurf**

### **4.1 Vorbemerkungen**

Aufgrund der guten Erfahrungen mit den Leitmerkalmethoden Heben, Halten, Tragen und Ziehen, Schieben haben sich die denkbaren Anwendungsbereiche erheblich erweitert. Zum Zeitpunkt der Einführung der EG-Richtlinien war der Standpunkt der Betriebspraktiker eher ablehnend, weil erhebliche Mehrbelastungen und bürokratischer Aufwand gefürchtet wurden. Nach zehnjähriger Arbeit mit dem Arbeitsschutzgesetz und der Lastenhandhabungsverordnung ist die Skepsis abgebaut und durch effektive Routinearbeit ersetzt. Damit verbunden ist der Wunsch nach ergänzender methodischer Unterstützung. Von besonderem Interesse sind derzeit die manuelle, repetitive Arbeit einschließlich der Übergangsbereiche zur manuellen Lastenhandhabung und die ganzheitlichen Beurteilung von Arbeitstagen bei unterschiedlichen Formen der physischen Arbeit.

Der Entwurf der Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse ist ein erster Schritt zur Erfüllung dieses Praxisbedarfs.

Eine Besonderheit der manuellen Arbeitsprozesse gegenüber der Lastenhandhabung ist, dass psychosoziale Faktoren einen erheblichen Einfluss auf die Beschwerden haben. Durch die grobmotorische Ganzkörperarbeit bei der Lastenhandhabung werden psychisch bedingte Muskelspannungen „abgearbeitet“, bei den manuellen Arbeitsprozessen durch lang dauernde Haltungsarbeit und Konzentration verstärkt. Psychosoziale Faktoren sind permanente Kofaktoren, die bei der Merkmalauswahl und -wichtung beachtet werden müssen.

Deutlicher als bei der Lastenhandhabung erweist sich auch die unabhängige Variabilität der einzelnen Merkmale als schwierig. Mathematisch betrachtet ergeben sich nahezu unbegrenzte Kombinationsmöglichkeiten der Einzelmerkmale. Bei detaillierter Analyse wird die zu beurteilende Tätigkeit in viele eindeutige definierte Teile zerlegt. Diese müssen zur Bewertung einer gesamtbiologischen Wirkung wieder vereinigt werden. Für die praxismgerechte Beurteilung auf Screeningniveau muss deshalb vereinfacht und zusammengefasst werden. Wie die Auswertung der in Anhang 1 genannten Methoden zeigt, sind unterschiedliche Lösungswege gewählt worden.

Für den Entwurf der LMM Manuelle Arbeitsprozesse wurde der Ansatz gewählt, dass es einen Bezug zur Tätigkeit gibt, dass Kräfte und deren Zeitanteile differenziert erfasst werden und die anderen Faktoren als „typische Mittelwerte“ in die Beurteilung einfließen.

### **4.2 Konzeption**

Die Konzeption für die Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse (LMM MA) entspricht der Konzeption der Leitmerkalmethoden Heben, Halten, Tragen und Ziehen, Schieben, wie sie im Abschnitt 3 beschrieben sind. Es gelten dieselben Forderungen:

- Wertneutrale Beschreibung der wichtigsten Tätigkeitsmerkmale

- Aufdeckung und Grobquantifizierung von relevanten Gefährdungen
- Hinweis auf Gestaltungsengpässe
- Möglichkeit einer Risikoabschätzung
- Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Beurteilung durch den Anwender
- Sichere Erfassbarkeit der Merkmale mit möglichst geringem Aufwand
- Belegminimierung
- Kalkulierbarkeit von Beurteilungsfehlern
- Anwendbarkeit für Arbeitsvorbereiter, Sicherheitsfachkräfte, Betriebsärzte, Inspektoren und Personalvertreter.

Die Erfüllung der Forderungen *Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Beurteilung durch den Anwender* und *sichere Erfassbarkeit der Merkmale mit möglichst geringem Aufwand* gestaltete sich allerdings schwieriger als bei den vorangegangenen Methoden. Gründe dafür waren die im Abschnitt 2 bereits dargestellte Vielfalt an Arbeitsformen und Einflussfaktoren sowie eine nur begrenzt „erspürbare“ Arbeitsbelastung durch den Beurteiler.

Durch intensive Zusammenarbeit mit den unterschiedlichen Nutzern in vielen Unternehmen ist es gelungen, Begriffe und Umschreibungen zu finden, die die Arbeitsbelastung weitgehend korrekt erfassen und beschreiben.

Unter Bezug auf die weltweite RSI-Problematik und die Normen DIN EN 1005-5 und ISO 11228-3 war der Startpunkt dieses Projektes die Analyse und Bewertung repetitiver Arbeit. Im Verlauf der Arbeit wurde deutlich, dass der Begriff repetitiv ungeeignet ist, da er unzureichend definierbar ist und nur eine begrenzte Form der manuellen Arbeit umfasst. Weil auch statische, sich weniger häufig wiederholende oder nicht zyklische Tätigkeiten berücksichtigt werden müssen, wurde der Begriff „Manuelle Arbeitsprozesse“ verwendet. Damit wird einerseits auf die Hand als ausführendes Körperteil und andererseits auf den Prozess der Bearbeitung hingewiesen. Im Unterschied zum Lastentransport, wo es häufig nur um die Ortsveränderung geht, deutet der Begriff Prozess auf die Veränderung in einem logischen Zusammenhang von Handlungen hin. Daraus ergeben sich in der Regel höhere psychische und sinnesphysiologische Anforderungen. Wichtig ist diese Unterscheidung auch für die Abgrenzung der Übergangsbereiche von der Lastenhandhabung zum manuellen Arbeitsprozess und zur großen Aktionskraft ohne Lastenhandhabung.

Bei der Arbeit zur Einbindung der neuen LMM in das Gesamtkonzept wurde deutlich, dass die Trennkriterien und Übergangsbereiche definiert werden müssen. Die geplante Erweiterung eines Systems von Leitmerkmalmethoden für alle Formen der physischen Belastung erzwingt diese Definitionen als Voraussetzung für weitere methodische Aktivitäten.

Für die Entwicklung der LMM MA wurden folgende physische Belastungen berücksichtigt:

Ausübung von Finger-Hand-Kräften im Bereich bis ca. 50 N bei überwiegendem Einsatz von kleineren Muskelgruppen im Unterarm-Hand-Bereich ohne Oberarm-Schulter-Beteiligung. Die Körperhaltungen sind Sitzen oder Stehen und meist statisch („Stativ für Hände und Augen“). Erhöhte bis sehr hohe Anforderungen an feinmotorische Fertigkeiten.

Angrenzende Formen der physischen Belastung sind:

- Heben, Halten, Tragen  
Wesentliche Unterscheidungen zu manuellen Arbeitsprozessen: Lastgewichte über 5 kg, Einsatz von größeren Muskelgruppen im Arm-Bereich zum Halten der Last, Beteiligung der Oberarm-Schultermuskulatur bei deutlicher Ganzkörperbewegung, geringere Anforderungen an feinmotorische Fertigkeiten.
- Grobe Bedienkräfte  
Wesentliche Unterscheidungen zu manuellen Arbeitsprozessen: Aktionskräfte über 50 N bis zu individuellen Maximalkräften. Einsatz von größeren Muskelgruppen im Arm-Bereich zur Krafteinleitung, Beteiligung der Oberarm-Schultermuskulatur. Meist geringe Körperbewegungen und beim Aufbringen von großen Kräften Abstützung an Barrieren, alle Formen der Körperhaltung sind möglich, geringe Anforderungen an feinmotorische Fertigkeiten. Zeitdauer und Häufigkeit der Kraftaufwendung gering.
- Ungünstige Körperhaltungen/Zwangshaltungen  
Wesentliche Unterscheidungen zu manuellen Arbeitsprozessen: Kleine Lastgewichte und Aktionskräfte, Körperhaltungen sind Bücken, Hocken, Knien, Arme über Schulterhöhe, geringe Anforderungen an feinmotorische Fertigkeiten.

Für manuelle Arbeitsprozesse sind hohe Zeitanteile gleichartiger Belastung typisch. Auch bei regelmäßiger Lastenhandhabung sind die Zeitanteile meist geringer. Grobe Bedienkräfte treten demgegenüber selten auf. Die unterschiedlichen Zeitanteile der Belastung und der dazwischen liegenden Erholzeiten sind ein wichtiges Kriterium der Muskelermüdung und des daraus resultierenden Kraftverlustes. Hinzu kommt, dass unterschiedliche Muskeltypen mit unterschiedlichen Ermüdungsverhalten arbeiten. Aus diesem Grund können die vergleichsweise geringen Hand-Finger-Kräfte zu erheblichen Beanspruchungsreaktionen führen.

### 4.3 Merkmale

Die Auswahl der Merkmale war schwierig; eine Berücksichtigung der in den zitierten Methoden verwendeten Merkmale nur begrenzt hilfreich. Die Vielfalt der Merkmale, ihre unterschiedliche Quantifizierung und andersartigen Kombinationen sind eher verwirrend und führen nicht zwangsläufig zur Herausbildung von Leitmerkmalen. Entsprechend der Literaturlauswertung, der Konzeption der Leitmerkmalmethoden und der wichtigsten Ursache-Wirkungsbeziehungen (Abschn. 2) wurden folgende Merkmale voraus gewählt und in der Praxis getestet:

- Arbeitszeit
- Zykluszeit
- Bewegungshäufigkeit
- Höhe der Aktionskraft
- Art der Krafteinleitung/Griffart
- Arbeitsorganisation
- Arbeitsumwelt
- Körperhaltungen und Hand-Arm-Stellungen

Die Testung erfolgte insbesondere unter den Aspekten der angemessenen Skalierungen und der sicheren Erfassbarkeit. Wesentlich waren dabei die Erfahrungen innerhalb des Erprobungsprogramms (Abschn. 5).

## 4.4 Entwurf

Aus der Vielzahl der Methoden wurden diejenigen intensiv getestet, die dem gewählten Konzept Leitmerkmalermethode am nächsten kommen. Es sind: Job Strain Index nach MOORE und GARG (Anhang 1, lfd. Nr. 08), die Normen prEN 1005-5 (Anhang 1, lfd. Nr. 01) und ISO/CD 11228-3 (Anhang 1, lfd. Nr. 02 und 03) sowie ManTRA (Anhang 1, lfd. Nr. 20) und TLV (Anhang 1, lfd. Nr. 10). Diese Methoden haben einen vergleichbaren Ansatz sowie ähnliche Merkmale und Skalen. Der Entwurf der LMM MA berücksichtigt diese Merkmale und integriert sie in das Konzept LMM unter besonderer Berücksichtigung der konkreten Arbeitsbedingungen in Deutschland.

### 4.4.1 Zeitwichtung

Für die zugrunde gelegten Dosiskonzepte bei der Bewertung der physischen Belastung ist die Einwirkungszeit die zentrale Kenngröße. Allerdings werden die Zeiten in unterschiedlicher Weise erfasst. Eine direkte Zeitmessung erfolgt nur bei wissenschaftlichen Studien. Wie viele Sekunden ein konkreter Hebevorgang dauert, wird in praxisorientierten Verfahren meist nur indirekt durch Zählung der Häufigkeit von Ereignissen und Multiplikation mit einer mittleren Dauer ermittelt. Bei der LMM Heben, Halten, Tragen wurde für einen Hebevorgang eine Dauer von 3 bis 5 sec angesetzt. Grundlage dafür waren Zeitmessungen bei Hebeversuchen unter verschiedenen Bedingungen.

Die Berücksichtigung der Belastungszeit bei manuellen Arbeitsprozessen ist schwierig. Komplexe und schnelle Handlungsabläufe müssen differenziert betrachtet werden. Weil die Zeitdauer von einzelnen Kraftaufwendungen von Fingern mitunter nur im Millisekundenbereich liegt (z.B. Tastaturbedienung), zeitgleich die Haltungsarbeit von Arm und Schultermuskulatur aber statisch ist, lässt sich die Zeit nicht auf eine einzelne Kenngröße reduzieren.

Da auch LMM für weitere Formen der physischen Belastung geplant sind, die dann langfristig eine Gesamt-Arbeitstagsbewertung ermöglichen, wurde die Arbeitszeitstrukturierung als erster Teil der Zeitanalyse gewählt. Es wird die Gesamtdauer der Teiltätigkeit pro Schicht ermittelt.

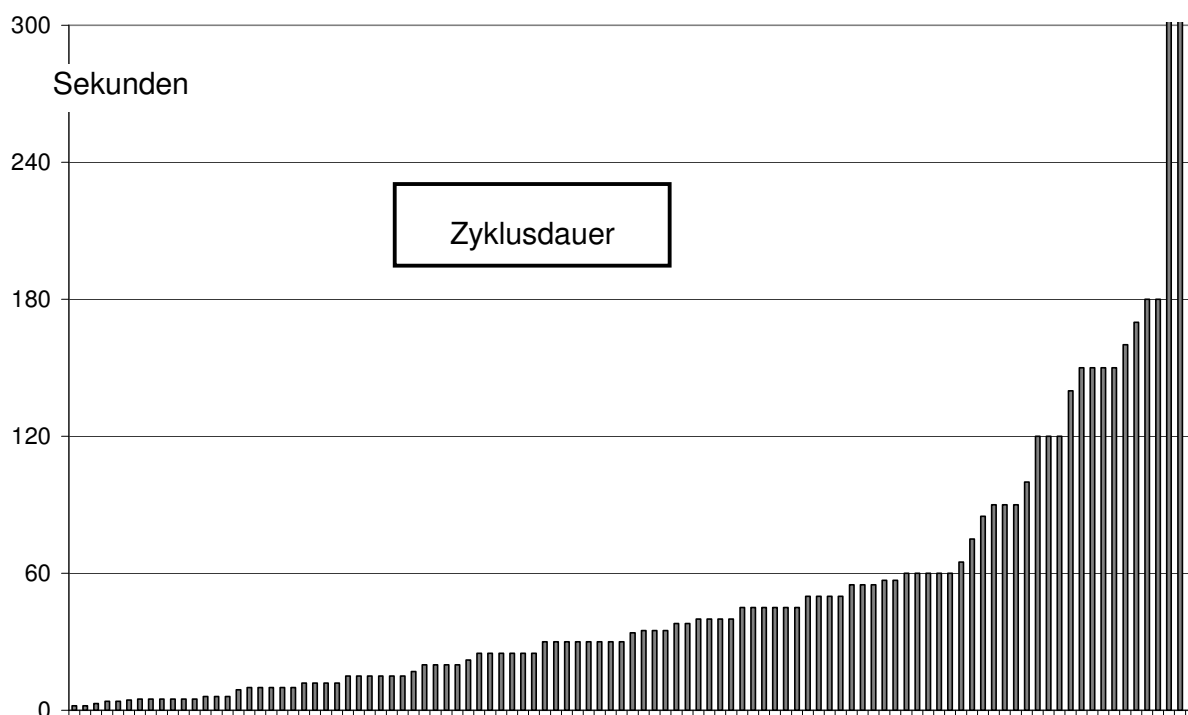
**Tab. 4.1** Zeitwichtung nach der Gesamtdauer, die die zu beurteilende Teiltätigkeit pro Schicht ausgeübt wird

Gesamtdauer der Teiltätigkeit pro Schicht	Zeitwichtung
<120 min	1
120-180 min	2
180-240 min	3
240-300 min	4
300-360 min	5
>360 min	6



Die direkt wirksamen Belastungszeiten werden im Zusammenhang mit der Art der Kraftaufwendungen im zweiten Schritt erfasst.

Unter Bezugnahme auf die DIN EN 1005-5 und ISO/CD 11228-3 war anfänglich die Berücksichtigung der Zykluszeiten für die Bewertung vorgesehen. Im Laufe der Erprobung wurde jedoch deutlich, dass nicht alle Tätigkeiten zyklisch sind und häufig Zyklusdauern von über 30 sec anzutreffen sind (Abb. 4.1). Hinzu kommt, dass die Zyklusdauer teilweise schwierig zu definieren und eine unsichere Kenngröße für die Belastung ist. Auch bei kurzen Zykluszeiten können unterschiedliche Arbeitsabläufe und geringe Intensitäten vorkommen, während längere Zykluszeiten hoch repetitive monotone Arbeitsabläufe beinhalten können. Da die Art des Arbeitsablaufes für das Verständnis bei späteren Auswertungen wichtig ist, wurde eine Tabelle zur orientierenden technologischen Differenzierung vorgesehen. Die Informationen fließen jedoch nicht in die Bewertung ein.



**Abb. 4.1** Verteilung der Zykluszeiten der Tätigkeiten aus der Anwendungserprobung (Abschn. 5), nach Zeitdauer geordnet

#### Zusatzinformationen

<u>Zyklische Tätigkeit</u>	
Dauer eines Zyklus	
Anzahl der Zyklen pro Schicht	
Anteil an Arbeitszeit	%

#### oder

<u>Kontinuierliche Tätigkeit</u>	
Anteil an Arbeitszeit	%

#### 4.4.2 Wichtung der Kraftausübung

Im ersten Entwurf war die getrennte Erfassung von Höhe der Aktionskraft, Art der Krafteinleitung/Griffart und Bewegungshäufigkeit vorgesehen: Jeweils eine Skale für jedes Merkmal. Analog zum Job Strain Index sollten für jedes Merkmal mittlere Werte gebildet werden. In der Praxiserprobung wurde schnell deutlich, dass die meisten Arbeitstätigkeiten als komplexe Arbeitsfolgen ablaufen. Damit verbunden ist ein ständiger Wechsel von Greifart und Krafthöhe. Die Mittelung birgt erhebliche Probleme in sich. Zum einen ist sie schwierig und fehlerbehaftet, zum anderen erlaubt sie keine differenzierte Beschreibung und Bewertung der Belastungsstruktur. Gerade diese Frage steht aber im Zusammenhang mit der Arbeitsbedingtheit der Einzeldiagnosen im Hand-Arm-Bereich im Zentrum des Interesses.

Nach umfangreichen Fachdiskussionen und Variantentestungen wurde eine Tabelle entwickelt, die alle drei Merkmale miteinander verbindet.

Art der Kraftausübung(en)		Halten			Bewegen				
		Haltedauer [Sek. pro Minute]			Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]				
Höhe *)	Beschreibung, typische Beispiele	60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60
		Wichtung			Wichtung				
<b>sehr gering</b> <20 g <0,2 N	<u>Ausübung von leichtem Druck durch Finger</u> Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen/ Halten / Sortieren	2	1	1	1	1	2	3	3
<b>gering</b> 20 ... 100 g 0,2 ... 1 N	<u>Ausübung von Druck durch Auflage der Hand oder Fingerzufassung</u> Halten / Materialführung / Fügen	3	2	2	1	2	3	4	4
<b>mittel</b> 100 ... 500 g 1 ... 5 N	<u>Fingerzufassung</u> Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen	4	3	2	1	2	3	4	-
<b>erhöht</b> 0,5 ... 1 kg 5 ... 10 N	<u>Handzufassung</u> Drehen / Wickeln / Verpacken	-	-	-	1	2	3	4	5
	Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken	4	3	2	1	2	3	4	-
	Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen	4	3	2	1	2	3	-	-
<b>hoch</b> 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N	<u>Kraftbetonte Handzufassung</u> Schneiden mit Scheren oder Messern / Benutzung von Zangen oder Hand-Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen	-	4	3	2	3	4	-	-
<b>sehr hoch</b> 2,5 ... 5 kg 25 ... 50 N	<u>Große, manchmal maximale Finger- / Hand-Kräfte</u>	-	-	7	5	7	-	-	-
	<u>Schlagen</u> mit Handfläche oder Faust	-	-	-	3	4	6	8	-

\*) Die Zahlenangaben beziehen sich auf Gewichte [g, kg] und Aktionskräfte [N]. 1 kg entspricht 10 Newton.

#### Abb. 4.2 2. Schritt: Bestimmung der Wichtung von Art der Kraftausübung

Die Zahlenwerte in der linken Spalte sind eine grobe Einstufungshilfe. Sie orientieren sich an den Gewichten von Werkzeugen und Werkstücken; sie können gemessen werden. Die Messung von Aktionskräften ist praktisch nicht möglich. Eine verglei-

chende Angabe von Massen und Aktionskräften soll die Einordnung unterstützen. Werte oberhalb von 30 N bzw. 3 kg kennzeichnen den Grenzbereich zu größeren Körperkräften mit anderen Beanspruchungsreaktionen.

Die Zahlenwerte der ersten Spalte dienen der systematischen Gliederung. Schwerpunkt sind die Beschreibungen von typischen Tätigkeiten in der zweiten Spalte. Da ein Zusammenhang zwischen Krafthöhe und Griffart besteht, werden beide Merkmale nicht differenziert erfasst. Die beiden ersten Spalten beschreiben allgemeinverständlich Art und Höhe der Kraft, die unterschiedlichen Belastungsarten und eingesetzten Muskelgruppen. Wichtiger als die konkrete Krafthöhe ist dabei die Einordnung auf einer Skale von minimal bis maximal. Eine grobe Unterscheidung in fünf Stufen erleichtert die Einstufung bei ausreichender Differenzierung.

In den rechten Spalten werden die Dauer oder Häufigkeit der jeweiligen Kraftaufwendung erfasst. Dabei wird auf eine durchschnittliche Arbeitsminute Bezug genommen. Die Bereiche überdecken statische Haltedauern von 60 Sekunden pro Minute bis Tastenbedienungen mit hohen Bewegungshäufigkeiten.

Ein weiterer Aspekt bei manuellen Arbeitsprozessen ist, dass rechts und links unterschiedliche Handlungen ausgeführt werden können. Bei statischer Haltearbeit können beide Hände gleich belastet sein. Mit zunehmender Geschicklichkeitsanforderung differenzieren sich die Handlungen: Die „Haupthand“ führt aus, die „Hilfshand“ unterstützt. Meist ergibt sich daraus für die linke Hand statische Haltungsarbeit und für die rechte Hand dynamische Bewegung. Konsequenterweise würde das eine Matrix erfordern, die auch die unterschiedlichen Handlungen für „Haupt- und Nebenhand“ berücksichtigt. „Rechts und links“ würde wegen der individuell unterschiedlichen Händigkeit nicht ausreichend differenzieren.

Nach methodischen Vorstudien wurde auf die rechts-links-Unterscheidung auf dem Formblatt aus Praktikabilitätsgründen verzichtet. Es besteht aber immer die Möglichkeit, mit zwei Formblättern getrennte „Haupt- und Nebenhand“- bzw. „rechts-links“-Beurteilungen vorzunehmen.

Die Tabelle ermöglicht die übersichtliche Darstellung von mehreren Arbeitshandlungen, wie sie die Abbildung für das Beispiel „Schubladenmontage“ zeigt.

Art der Kraftausübung(en)		Halten			Bewegen				
		Haltedauer [Sek. pro Minute]			Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]				
Höhe *)	Beschreibung, typische Beispiele	60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60
<b>sehr gering</b> <20 g <0,2 N	Ausübung von leichtem Druck durch <u>Finger</u> Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen/ Halten / Sortieren	2	1	1	1	1	2	3	3
<b>gering</b> 20 ... 100 g 0,2 ... 1 N	Ausübung von Druck durch Auflage der <u>Hand oder Fingerzufassung</u> Halten / Materialführung / Fügen	3	2	2	1	2	3	4	4
<b>mittel</b> 100 ... 500 g 1 ... 5 N	<u>Fingerzufassung</u> Greifen / <u>Fügen von</u> kleinen Werkstücken mit der <u>Hand</u> oder kleinen Werkzeugen	4	3	2	1	2	3	4	-
<b>erhöht</b> 0,5 ... 1 kg 5 ... 10 N	<u>Handzufassung</u> Drehen / Wickeln / Verpacken	-	-	-	1	2	3	4	5
	Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / <u>Eindrücken</u>	4	3	2	1	2	3	4	-
	Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen	4	3	2	1	2	3	-	-
<b>hoch</b> 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N	<u>Kraftbetonte Handzufassung</u> Schneiden mit Scheren oder Messern / Benutzung von Zangen oder Hand-Tackern / Bewegen oder <u>Halten von Teilen oder Werkzeugen</u>	-	4	3	2	3	4	-	-
<b>sehr hoch</b> 2,5 ... 5 kg 25 ... 50 N	<u>Große, manchmal maximale Finger- / Hand-Kräfte</u>	-	-	7	5	7	-	-	-
	<u>Schlagen</u> mit Handfläche oder Faust	-	-	-	3	4	6	8	-

**Abb. 4.3** Beispiel für die Ausfüllung der Tabelle Tätigkeit „Schubladenmontage“

Da es unterschiedliche Handgriffe und unterschiedliche Kraftaufwendungen innerhalb eines Zyklus gibt, sind diese getrennt zu erfassen. Aus den unterschiedlichen Einzelwichtigungen ist eine Gesamtwichtung zu bilden. Die grundsätzliche Regel hierfür ist die Verwendung des höchsten Wertes. Eine Erhöhung ist dann vorzunehmen, wenn mehrere gleichartige Kraftausübungen mit größerer Häufigkeit vorkommen. Wird z.B. in der Spalte 15-30 zweimal eine 3 vergeben, so ist der Gesamtwert auf 4 zu erhöhen.

#### 4.4.3 Wichtung der Arbeitsorganisation

Zur Wichtung der Arbeitsorganisation wurden Merkmale ausgewählt, die einen Einfluss auf die rechtzeitige Verhinderung von Ermüdung haben. Dazu zählen die enge Taktbindung (die individuelle Kurzpausen verhindert), die gleichförmige Belastung durch einseitige Tätigkeiten und durch eingeschränkte Möglichkeiten zur andersartigen Arbeitsausführung sowie ein hohes Arbeitstempo.

Im ersten Entwurf wurde das Merkmal mit höheren Wichtungszahlen belegt. Im Verlauf der Praxiserprobung wurde die Höchstzahl auf 1 reduziert. Gründe dafür waren die insgesamt gute Arbeitsorganisation mit angemessener Arbeitszeit-Pausen-Regelung und die daraus entstehende Überbewertung dieses Merkmals im Vergleich zu den Wichtungen der anderen Merkmale.

**Tab. 4.2** Wichtung der Arbeitsorganisation

<b>Arbeitsorganisation</b>	<b>Wichtung</b>
<b>Keine oder weite Taktbindung:</b> Arbeitsablauf beeinflussbar / Pausen wählbar / Handlungsspielraum vorhanden / Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / mehrere unterschiedliche Hand-Arm-Bewegungen pro Zyklus	0 0,5
<b>Enge Taktbindung:</b> Arbeitsablauf fest vorgegeben / wenige Einzelbewegungen pro Zyklus / eingeschränkter Handlungsspielraum / Pausen nur mit Springer / sehr hohes Arbeitstempo	1

In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen.

Merkmale der psychischen Belastung, wie z.B. Monotonie oder Daueraufmerksamkeit, wurden in diesem Entwurf nicht explizit genannt. Sie werden indirekt über die Teilmerkmale Beeinflussbarkeit des Arbeitsablaufs und Handlungsspielraum abgebildet. Ob und in welchem Umfang weitere psychische Belastungsfaktoren detailliert erfasst werden sollten, konnte im Projektzeitraum nicht ausreichend eingegrenzt werden. Bis auf wenige Ausnahmen handelt es sich bei den manuellen Arbeitsprozessen um hoch arbeitsteilige Vorgänge, die durchgeplant sind und damit a priori wenig Handlungsspielraum zulassen. Demzufolge sind die Anforderungen an Entscheidung, Verantwortung und kognitive Fähigkeiten gering, tätigkeitsbedingte emotionale Belastungen nicht erwartbar.

Ungünstige psychosoziale Faktoren und geringe Unterstützung sind nicht tätigkeitspezifisch, sondern gruppenbezogen. Sie werden deshalb bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt.

Anforderungen an die Sinnesorgane werden im Merkmal Ausführungsbedingungen berücksichtigt.

#### 4.4.4 Wichtung der Ausführungsbedingungen

Unter den „Ausführungsbedingungen“ werden mehrere Merkmale aus der Arbeitsumwelt zusammengefasst, die eine Erschwerung der Arbeitsausführung zur Folge haben und Kofaktoren zur muskulären Belastung sein können.

**Tab. 4.3** Wichtung der Ausführungsbedingungen

<b>Ausführungsbedingungen</b>	<b>Wichtung</b>
<b>Gut:</b> sichere Detailerkennbarkeit / keine Blendung / gute klimatische Bedingungen / keine Behinderung der Bewegungsfreiheit / Bedien- und Anzeigeelemente im günstigen Bereich / gute Greifbarkeit	0 0,5
<b>Eingeschränkt:</b> erschwerte Detailerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Verschmutzung / Konzentrationsstörungen durch Geräusche / schlechte Greifbarkeit durch grobe Handschuhe	1

In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. Bei sehr ungünstigen Bedingungen kann die Wichtung 2 vergeben werden.

Erschwerte Detailerkennbarkeit und/oder Blendung erfordern eine höhere Konzentration und führen häufig auch zu ungünstiger Kopfhaltung (z.B. Verringerung des Sehabstandes, Veränderung des Blickwinkels). Sie haben deshalb einen direkten Ein-

fluss auf die Nackenmuskulatur.

Klimatische Einflüsse wie Zugluft, Kälte und Nässe führen zur Auskühlung. Mögliche Folgen sind Kraftverlust und verringerte Geschicklichkeit, insbesondere bei feinen Arbeiten. Nässe und Verschmutzungen verringern aber auch die Greifbarkeit und erfordern höhere Kräfte. Gleiches gilt für grobe Handschuhe.

Störgeräusche können zu Konzentrationsstörungen und zu erhöhtem Muskeltonus führen.




Vibrationseinwirkungen im Hand-Arm-Bereich wurden nach eingehender Prüfung nicht berücksichtigt. Wesentlicher Grund dafür ist, dass diese Einwirkung eine gesonderte arbeitshygienische Kategorie mit Grenzwerten und Messvorschriften darstellt. Diese Abgrenzung erfolgt in Übereinstimmung mit der BGI 504-46 Handlungsanleitung für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems“. Ein weiterer Grund war das seltene Vorkommen. Die mögliche Beeinflussung der Feinkoordination mit Behinderungen der Arbeitsausführung wurde im Erprobungsprogramm untersucht. Es gab nur wenige Tätigkeiten mit vibrationserzeugenden Werkzeugen und deren Intensität war sehr gering.

#### 4.4.5 Wichtung der Körperhaltungen

Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungen werden Körper-(Rumpf)haltungen und Hand-Arm-Stellungen getrennt erfasst.

Bei dem Merkmal Körperhaltungen erfolgt eine Berücksichtigung von Grundhaltungen in Verbindung mit Restriktionen durch die Arbeitsaufgabe und technologische Ausrüstung. Mögliche Körperhaltungen werden auf übliche Formen bei manuellen Arbeitsprozessen reduziert. Aus diesem Grund sind Hocken, Knien oder tiefes Bücken nicht genannt. Tätigkeiten mit geringen Aktionskräften und Zwangshaltungen wie Hocken und Knien werden in einer künftigen Leitmerkmalmethode Körperhaltungen erfasst.

Tab. 4.4 Wichtung der Körperhaltungen

Körperhaltung **)	Wichtung
 <p><b>Gut:</b> Wechsel von Sitzen und Stehen möglich / Wechsel von Stehen und Gehen / dynamisches Sitzen ist möglich / Hand-Arm-Auflage bei Bedarf möglich / keine Verdrehung / Kopfhaltung variabel</p>	0
 <p><b>Eingeschränkt:</b> Rumpf leicht vorgeneigt und/oder leicht verdreht / stärkere Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / Kopfhaltung zur Detailerkennung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Sitzen oder Stehen ohne Gehen</p>	1 2
 <p><b>Schlecht:</b> Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung</p>	3 4

\*\*) Es ist die typische Körperhaltung zu berücksichtigen. Gelegentliche Abweichungen können vernachlässigt werden.

Für die Körperhaltungswichtung wird eine „typische“ Körperhaltung berücksichtigt. Auf die differenzierte Betrachtung von unterschiedlichen Körperhaltungen wurde nach Prüfung der Praxisbedingungen verzichtet. Manuelle Arbeitsprozesse sind fast immer durch Bewegungsmangel in Verbindung mit zeitlichen und räumlichen Restriktionen verbunden und zeitlich relativ stabil. Wechseln sich Arbeitshaltungen ab, dann wird das als Haltungswechsel günstig bewertet. Ungünstig ist das ausschließliche Sitzen mit eingeschränkten Bewegungsmöglichkeiten.




#### 4.4.6 Wichtung der Hand-Arm-Stellung und -Bewegung

Unter dem besonderen Aspekt der Überbeanspruchung der Strukturen im Hand-Arm-Bereich wird in vielen Methoden eine differenzierte und zeitbezogene Beschreibung ausgewählter Gelenkstellungen verwendet. Ideal wäre eine direkte Verknüpfung mit den Aktionskräften und Greifarten. Schnell ablaufende Handlungen mit sich ändernden Krafthöhen- und richtungen sowie sich gleichzeitig ändernden Bewegungsfolgen mit unterschiedlichen Stellungen einer Vielzahl von Gelenken müssten dann mindestens im Sekundentakt differenziert werden. Die statistische Aufbereitung und Bewertung dieser Datenmengen ist aufwendig und würde auch in wissenschaftlichen Studien Probleme bereiten. Wie die epidemiologischen Studien zeigen, erfolgt die Diskussion der Arbeitsbedingtheit ohnehin meist mit Bezugnahme auf eine Tätigkeitsbezeichnung oder Belastungsart ohne weitergehende Differenzierung.

Zur Analyse der Hand-Arm-Stellungen und -Bewegungen werden in Kombination sowohl Gelenkstellungen als auch die Häufigkeit und Dauer berücksichtigt. Für die Herausarbeitung der Merkmale war wichtig, dass sie unter Praxisbedingungen durch Beobachtung sicher erfassbar sind. Aufgrund des unzureichenden Nachweises der Schädlichkeit von bestimmten Gelenkstellungen und -bewegungen werden nur grobe Kennzeichnungen der Gelenkstellung benannt.

Vorversuche haben ergeben, dass sich die Vielzahl der theoretisch möglichen Kombinationen in der Praxis erheblich einschränkt. Bei großen Häufigkeiten und/oder Geschicklichkeitsanforderungen befinden sich die Gelenke fast immer in mittleren Stellungen. Ungünstige Gelenkstellungen am Ende des Bewegungsbereiches treten seltener und meist bei geringen Geschicklichkeitsanforderungen auf.

**Tab. 4.5** Wichtung der Hand-Arm-Stellung und -Bewegung

Hand-Arm-Stellung und -Bewegung **)	Wichtung
 <p><b>Gut:</b> Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur gelegentliche Abweichungen / überwiegend körpernahe Armhaltung / nur gelegentliches Greifen über Schulterhöhe</p>	<b>0</b>
 <p><b>Eingeschränkt:</b> Häufigere Stellung oder Bewegung der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / häufiger körperfernes Greifen / häufigeres Greifen über Schulterhöhe</p>	<b>1</b>
 <p><b>Schlecht:</b> Ständige Stellung oder Bewegung der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / häufiges oder lang anhaltendes Greifen über Schulterhöhe / lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung</p>	<b>2</b>

\*\*) Es sind die typische Stellungen zu berücksichtigen. Gelegentliche Abweichungen können vernachlässigt werden.

#### 4.4.7 Bewertung

Auch bei der Bewertung der Beurteilungsergebnisse gibt es deutliche Unterschiede zu den Methoden der manuellen Lastenhandhabung. Hier wird die Gefährdung insbesondere der Bewegungssegmente der Lendenwirbelsäule bewertet. Dass bei der manuellen Lastenhandhabung aber auch die großen Gelenke beansprucht werden, bleibt meist unberücksichtigt.

Im Zusammenhang mit den manuellen Arbeitsprozessen gibt es mindestens vier Körperregionen mit zwölf Krankheitsbildern und mehreren syndromartigen Beschwerdekomplessen. Damit gibt es mehrere unterschiedliche Wirkungszusammenhänge, die sich einer integrativen Gesamtbewertung widersetzen. Die Zulässigkeit der Bildung eines Gesamtpunktwertes ist deshalb grundsätzlich zu diskutieren.

Im Entwurf der LMM Manuelle Arbeit ist die Möglichkeit einer Gesamtbewertung erhalten. Durch die Bildung eines Gesamtpunktwertes wird der Grad der Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung benannt. Zugrundeliegende Hypothese ist, dass sich mit zunehmenden Einzelbelastungen die Gesamtbelastung durch Synergieeffekte erhöht. In welchem Maß kompensatorische Effekte durch zeitlich gestaffelte „Andersbelastungen“ dem entgegenwirken, muss im Rahmen eines Evaluationsprojektes geklärt werden.

Nicht vernachlässigt werden darf bei diesen fachlichen Überlegungen die Nützlichkeit dieser Gesamtbewertung für betriebliche Übersichtsanalysen. Ergänzend sei hinzugefügt, dass in vielen Methoden (Abschn. 2, Tab. 2.2) Summenmaße gebildet werden, ohne diese zu hinterfragen oder zu begründen.

Entsprechend der Konzeption der Leitmerkmalmethoden ist vor dem orientierenden Punktwert der Gesamtbelastung vor allem die Ausprägung der Einzelmerkmale wichtig. Sie zeigen die konkrete Art und Höhe der Belastung und liefern sofort Präventionsansätze.

Das ausgefüllte Formblatt erlaubt eine differenzierte Interpretation der Ergebnisse. Es werden einfache Zusammenhänge zwischen Leitmerkmalen und möglichen Beschwerden in Körperregionen angenommen (Tab. 4.6). Je höher die jeweilige Merkmalausprägung in Kombination mit Dauer/Häufigkeit ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit von Beschwerden.

**Tab. 4.6** Zusammenhänge zwischen Belastungsmerkmalen und beanspruchten Körperregionen

<b>Merkmale, die erhöht gewichtet sind</b>	<b>beanspruchte Körperregion</b>
Körperhaltung, ungünstige Kopfhaltung, Dauer	Nacken, unterer Rücken
Haltung, ungünstige Gelenkstellung, Konzentration, hohe Sehanforderungen, Dauer	Schulter, Nacken
kraftbetonte Handzufassung, ungünstige Armstellung, Dauer/Häufigkeit	Schulter, Oberarm
Handzufassung, ungünstige Gelenkstellung, Dauer/Häufigkeit	Ellenbogen, Unterarm
Handzufassung, ungünstige Gelenkstellung, Dauer/Häufigkeit	Unterarm, Handgelenk
Fingerzufassung, ungünstige Gelenkstellung, Schlagen, Dauer/Häufigkeit	Hand, Finger



Diese Merkmale beschreiben die Belastung durch die Tätigkeit – unabhängig von der Person, die diese Arbeit ausführt. Sie berücksichtigen physische Anforderungen, relevante psychische Anforderungen, Organisation und Umwelteinwirkungen.

Die Gesamtbewertung mit einem Punktwert bezieht sich auf eine eingearbeitete mittlere Beschäftigtenpopulation mit sicherheitsgerechtem Verhalten.

Da es den mittleren Beschäftigten nur selten gibt, sind bei der Bewertung der Wirkung dieser Belastungen weitere Merkmale zu berücksichtigen.

Individuell unterschiedliche Leistungsvoraussetzungen führen zu abweichenden Belastungen und Beanspruchungen. Wichtige Aspekte sind Berufserfahrung, Konstitution, Training, Alter, Geschlecht, Vorerkrankungen und soziales Umfeld. Zu beachten ist dabei die große Spannweite der physischen und psychischen Leistungsfähigkeiten. Diese variieren nicht nur interindividuell, sondern auch intraindividuell und werden durch das Arbeitsumfeld beeinflusst. Psychosoziale Faktoren und geringe Unterstützung können sowohl individuell als auch gruppenbezogen erheblichen Einfluss auf das Beanspruchungsempfinden und Beschwerden haben.

## 5 Interne Anwendungserprobung des Arbeitsentwurfs

### 5.1 Erprobungsprogramm und Beteiligte

Nach methodischen Vorarbeiten und Testungen verschiedener Ansätze wurde ein Arbeitsentwurf entwickelt und im Rahmen eines Erprobungsprogramms geprüft. Die Startversion 2005/0 wurde im Verlauf der Erprobung schrittweise verbessert und durch die Folgeversionen 1 bis 4 ersetzt.

Kriterien der Prüfung waren:

- Grundsätzliche Anwendbarkeit unter Praxisbedingungen  
Entsprechen die Auswahl und die Skalierung der Merkmale den Bedingungen in der Praxis?  
Können die potenziellen Anwender mit der Methode arbeiten?
- Akzeptanz der Beurteilungsergebnisse  
Liegen die Beurteilungsergebnisse im vorgesehenen Punktebereich der Leitmerkmalmethoden?  
Sind die Ergebnisse glaubwürdig, stimmen sie mit den betrieblichen Erfahrungen überein?  
Sind die Ergebnisse für die Unternehmen akzeptabel?
- Methodengüte  
Wie hoch ist der Aufwand für Analyse und Bewertung?  
Wo liegen und wie groß sind die Beurteilerunterschiede?  
Ist die Methode für den Anwender verständlich?  
Kann er die Struktur von Analyse und Bewertung erkennen und bei Bedarf sinngemäß erweitern?
- Anwendungsgrenzen  
Wann und warum kann die Methode nicht angewendet werden?

Das Erprobungsprogramm wurde im vierten Quartal 2005 durchgeführt. Daran beteiligt waren 28 Unternehmen aus mehreren Branchen: Maschinenbau, Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Medizingerätetechnik, Nahrungsmittel, Möbel, Spielwaren und Kunstgewerbe.

An den Vor-Ort-Erprobungen waren neben den zwei ständigen Projektmitarbeitern weitere 53 Personen beteiligt; grundsätzlich mindestens ein betrieblicher Vertreter, eine Aufsichtsperson der gesetzlichen Unfallversicherung bzw. aus Landesämtern für Arbeitsschutz, sowie in Einzelfällen Betriebsärzte, Personalvertreter und Wissenschaftler.

Insgesamt wurden 112 Arbeitsplätze von mehreren Personen parallel beurteilt (410 Einzelbeurteilungen). Den Beurteilungen voran ging ein kurzes Briefing zum Projekt und zur Methode. Die Beurteilung erfolgte direkt an den Arbeitsplätzen. Informationen über den Arbeitsablauf wurden vom Betrieb bereitgestellt. Es bestand für alle die Möglichkeit, den Arbeitsplatzinhaber zu befragen. Fragen zu gesundheitlichen Beschwerden wurden allerdings immer nur von derselben Person gestellt. Im direkten Anschluss wurden die Ergebnisse verglichen, Erfahrungen ausgetauscht und nach Lösungen für aufgetretene Probleme und Unklarheiten gesucht.

Alle Beteiligte waren sehr interessiert an dem Projekt. Die Arbeit in den Gruppen war offen, kritisch und kooperativ.

## 5.2 Ergebnisse

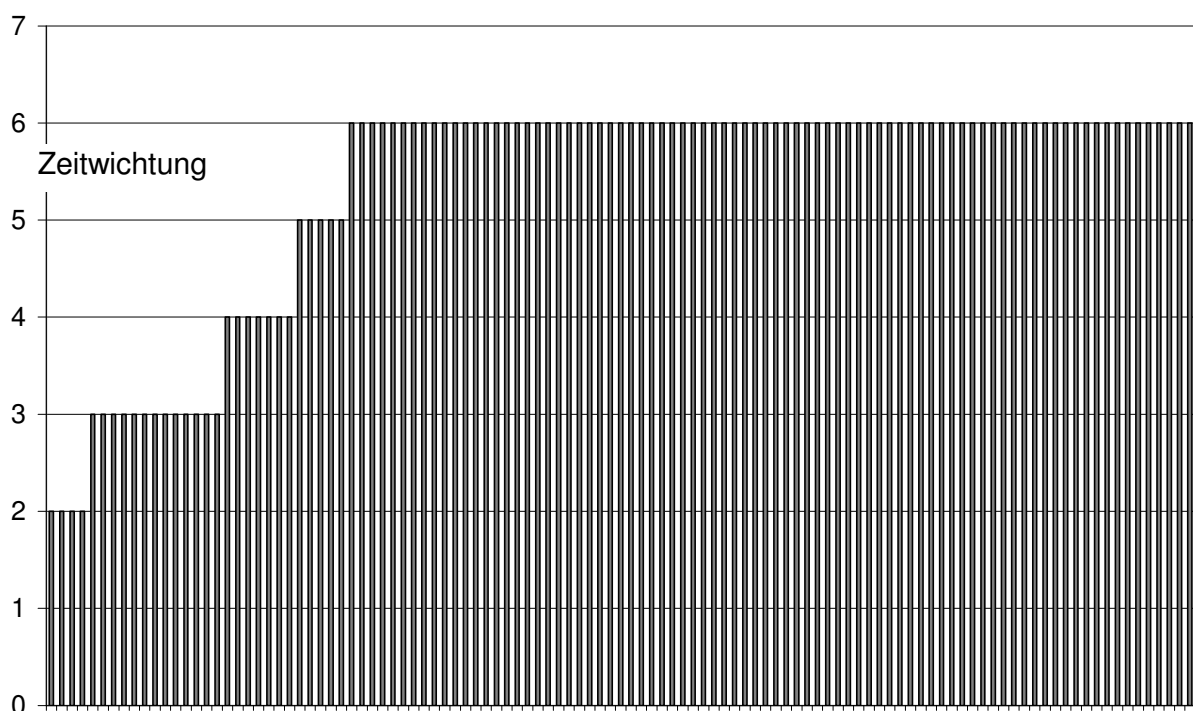
Es lagen insgesamt 410 Einzelbeurteilungen mit abweichenden Ergebnissen vor. Aus diesen Einzelbeurteilungen wurde im Ergebnis der gemeinsamen Diskussionen eine „richtige Beurteilung“ für jeden Arbeitsplatz herausgearbeitet und vereinbart. Diese richtigen Beurteilungen werden für die nachfolgenden Darstellungen verwendet. Eine Ausnahme ist Abschnitt 5.2.3. Dort werden die Beurteilungsdifferenzen dargestellt und ausgewertet.

### 5.2.1 Beschreibung und Wichtung der Leitmerkmale

#### Zeitdauer

Die Beschreibung der Zeitdauer war für die Anwender unproblematisch, da die Arbeitsaufgaben übersichtlich und kürzere Zeitanteile eher selten waren.

Ursachen für kürzere Zeitanteile waren fast immer geringe Arbeitsmengen oder Tätigkeitswechsel zur Belastungsreduzierung. Tätigkeitswechsel gab es in der Regel bei höheren Kraftaufwendungen in Verbindung mit ungünstigen Körperhaltungen, selten bei hohen Anforderungen an die Geschicklichkeit. Tätigkeiten mit hohen Produktwerten und Qualitätsanforderungen hatten in aller Regel Zeitlohn mit angemessenen Erholzeitzuschlägen. Abbildung 5.1 zeigt die Verteilung der Zeitwichtungen.



**Abb. 5.1** Nach Größe geordnete Verteilung der Zeitwichtungen

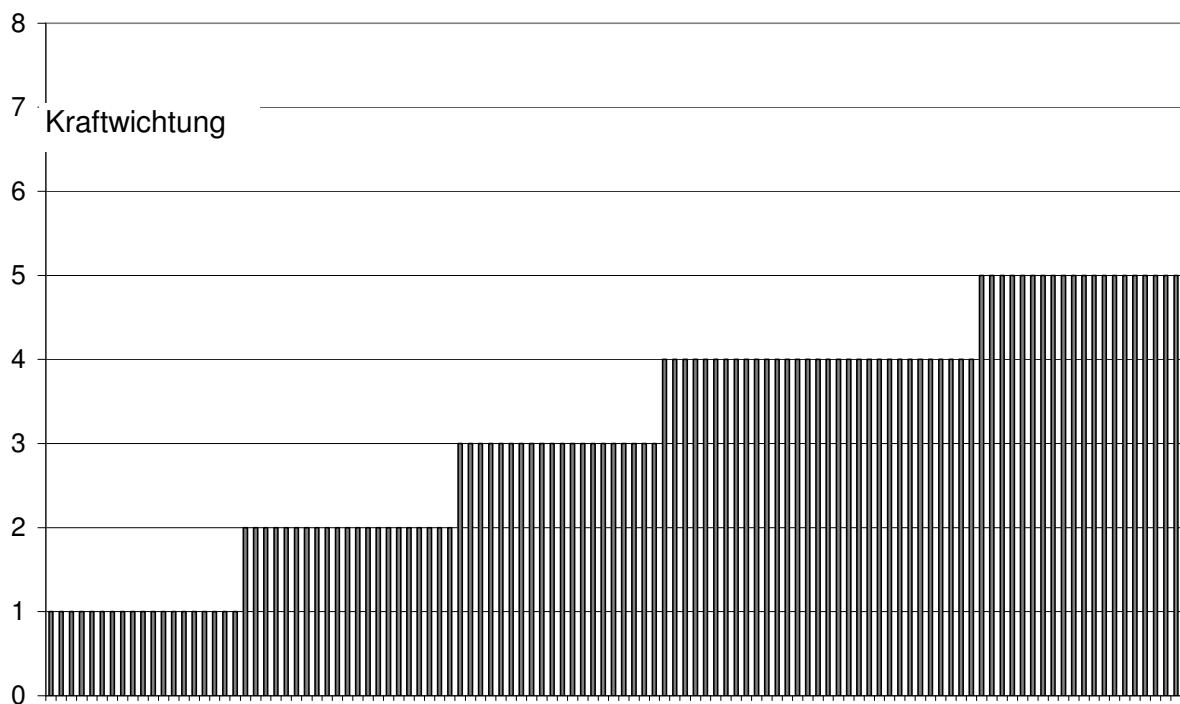
#### Art der Kraftausübung

Die Wichtung der Kraftausübung setzt sich aus Art und Höhe einzelner Kraftaufwendungen sowie der Dauer/Häufigkeit zusammen. Die grundsätzliche Regel für die Bestimmung der Wichtungszahl war die Bildung eines Mittelwertes unter besonderer Berücksichtigung der größten Zeitanteile. Im Ergebnis der Diskussionen zur Einstu-

fung und Bildung der Wichtungszahl wurde eine Änderung vorgenommen. Es wird nun der größte Wert verwendet, der unter bestimmten Bedingungen um einen Punkt erhöht werden kann.

Erwartungsgemäß erwies sich die Beschreibung von Art und Höhe der Kraftaufwendungen als schwierig. Verständnisschwierigkeiten gab es insbesondere bei Anwendung der Startversion 2005/1, da hier noch auf Zykluszeiten und repetitive Handlungen Bezug genommen wurde. Nach Überarbeitung der Tabelle mit Erweiterung auf statische Arbeitsanteile und Normierung der Bewegungshäufigkeiten/Haltedauern auf eine typische Arbeitsminute wurde die Anwendung einfacher. Das grundsätzliche und mit Beobachtungsverfahren nicht lösbare Problem blieb, dass Krafthöhen geschätzt werden müssen und die Angabe von Kraftwerten in Newton für die Anwender wenig hilfreich ist. Dennoch lagen die meisten Wichtungen im richtigen Bereich. Für die Anwender aus den Betrieben war es unproblematisch, da sie die virtuelle Kraftskale „gering bis hoch“ hinterlegten und ohne hohen Genauigkeitsanspruch zur richtigen Wichtung kamen. Für betriebsfremde Anwender mit wissenschaftlichen Denkweisen führten zu hohe Genauigkeitsansprüche mitunter zu Schwierigkeiten.

Wie Abbildung 5.2 zeigt, verteilten sich die ermittelten Kraftwichtungen nahezu gleichmäßig über den Skalenbereich. Die maximal möglichen Skalenwerte von 8 wurden als Gesamtwichtung nicht erreicht.



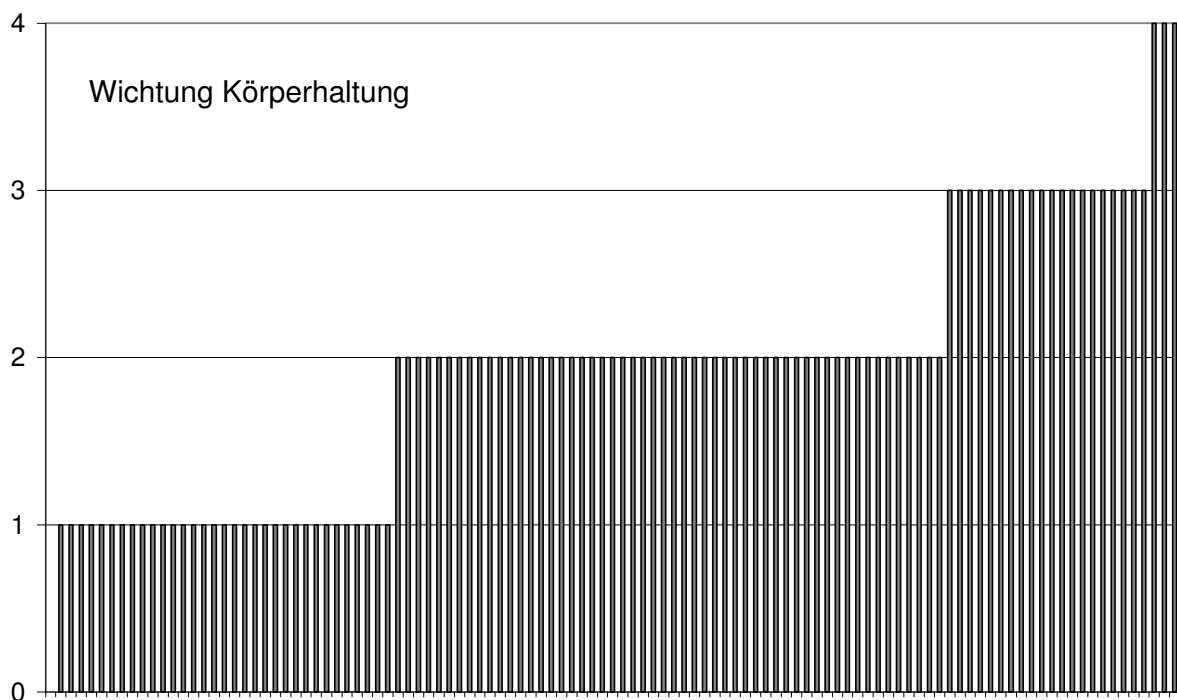
**Abb. 5.2** Nach Größe geordnete Verteilung der Kraftwichtungen

Für die Beschreibung der Arbeitsbelastung bedeutet die Zusammenfassung zu einer Gesamtwichtung allerdings einen Informationsverlust. Aus diesem Grund wurden zusätzlich zur Gesamtwichtung auch die Einzelmerkmale ausgewertet.

## Körperhaltung

Die Skale zur Wichtung der Körperhaltung ist fünfstufig. Da die Merkmale gut abgrenzbar sind, war die Einordnung unproblematisch.

Meist waren die Körperhaltungen bei manuellen Arbeitsprozessen gut bis eingeschränkt (Tab. 5.4). Typische Merkmale für „eingeschränkt“ (Wichtung 2) waren stärkere Neigung des Körpers zum Handlungsbereich, zur Detailerkennung vorgegebene Kopfhaltungen sowie ausschließliches Sitzen oder Stehen ohne Gehen. Ungünstige Körperhaltungen waren häufig technologiebedingt und kaum beeinflussbar. Stärker verdreht und vorgeneigter Rumpf waren im Fahrzeugbau anzutreffen. Streng fixierte Körperhaltung und starke Kopfneigungen waren mit hohen Sehanforderungen und Feinmotorik verbunden. Ergonomische Gestaltungsdefizite ohne zwingende Gründe waren selten.



**Abb. 5.3** Nach Größe geordnete Verteilung der Haltungswichtungen

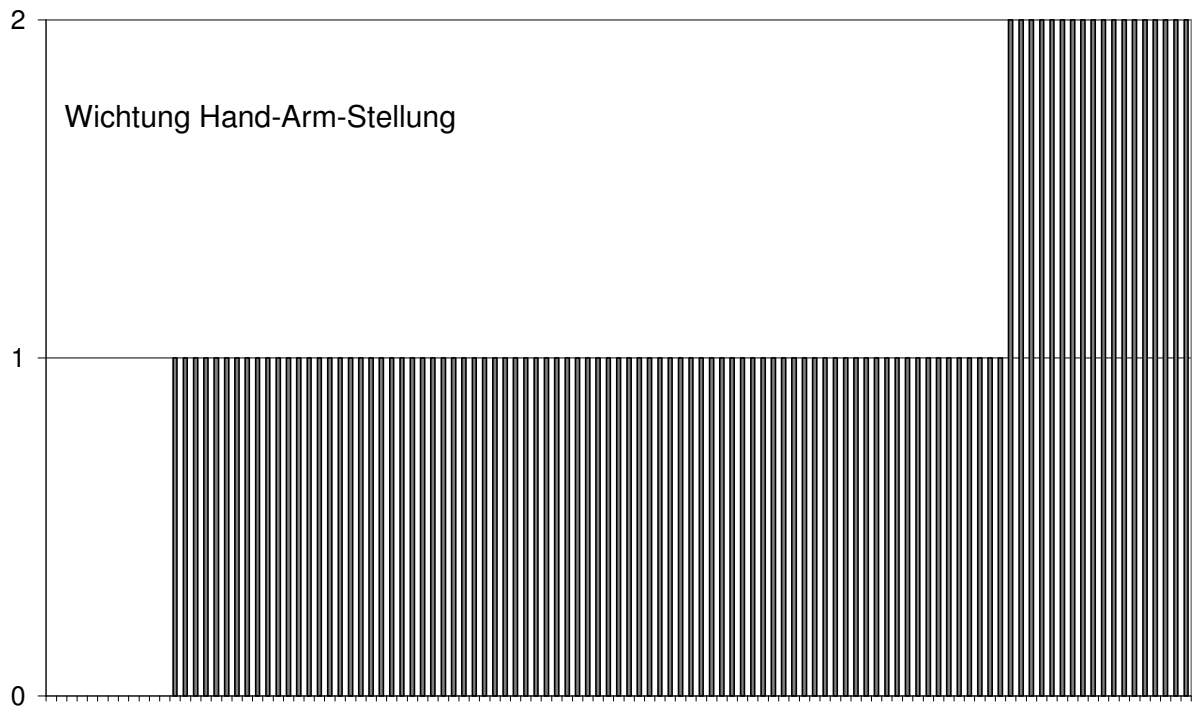
## Hand-Arm-Stellung

Die Wichtung der Hand-Arm-Stellung ist dreistufig. Die Einordnung war etwas schwieriger als bei der Körperhaltung, im Wesentlichen aber unproblematisch.

Sehr schnell ablaufende Hand-Arm-Bewegungen mit unterschiedlichen Häufigkeiten erfordern vom Anwender genaues Hinsehen und Abstraktionsvermögen.

Es überwog deutlich die Einstufung „eingeschränkt“ (Wichtung 1). Häufigere Stellung oder Bewegung der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche und häufiger körperfernes Greifen sind die typischen Merkmale. Ständige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche, häufiges oder lang anhaltendes Greifen über Schulterhöhe, lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung waren technologietypisch für den Fahrzeugbau.

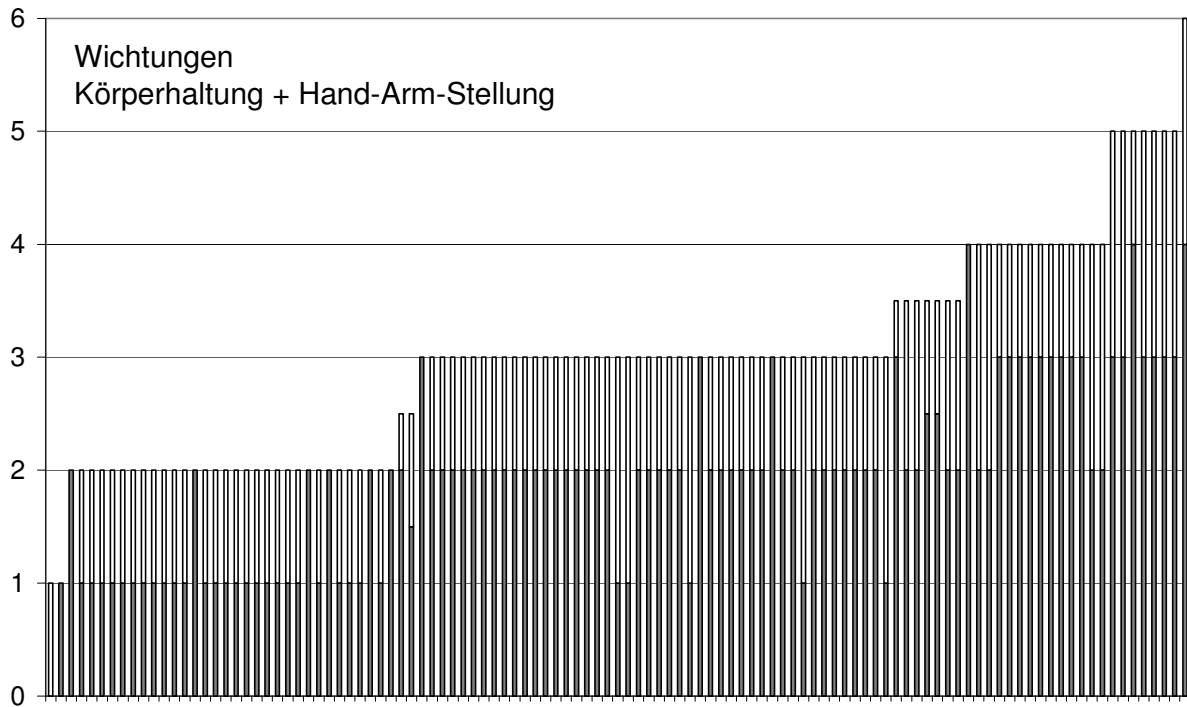
Abbildung 5.4 zeigt die nach Größe geordnete Verteilung der Wichtungen der Hand-Arm-Stellung.



**Abb. 5.4** Nach Größe geordnete Verteilung der Wichtungen der Hand-Arm-Stellung

Interessant war die kombinierte Betrachtung von Körperhaltung und Hand-Arm-Stellung. Dabei wurden im Wesentlichen zwei Typen deutlich. Sie repräsentieren die Arbeit an festen, ergonomisch gut gestaltbaren Arbeitsplätzen und die Arbeit an/in größeren Produkten wie Fahrzeugen.

Abbildung 5.5 zeigt die Kombinationen von Körperhaltungen und Hand-Arm-Stellungen.



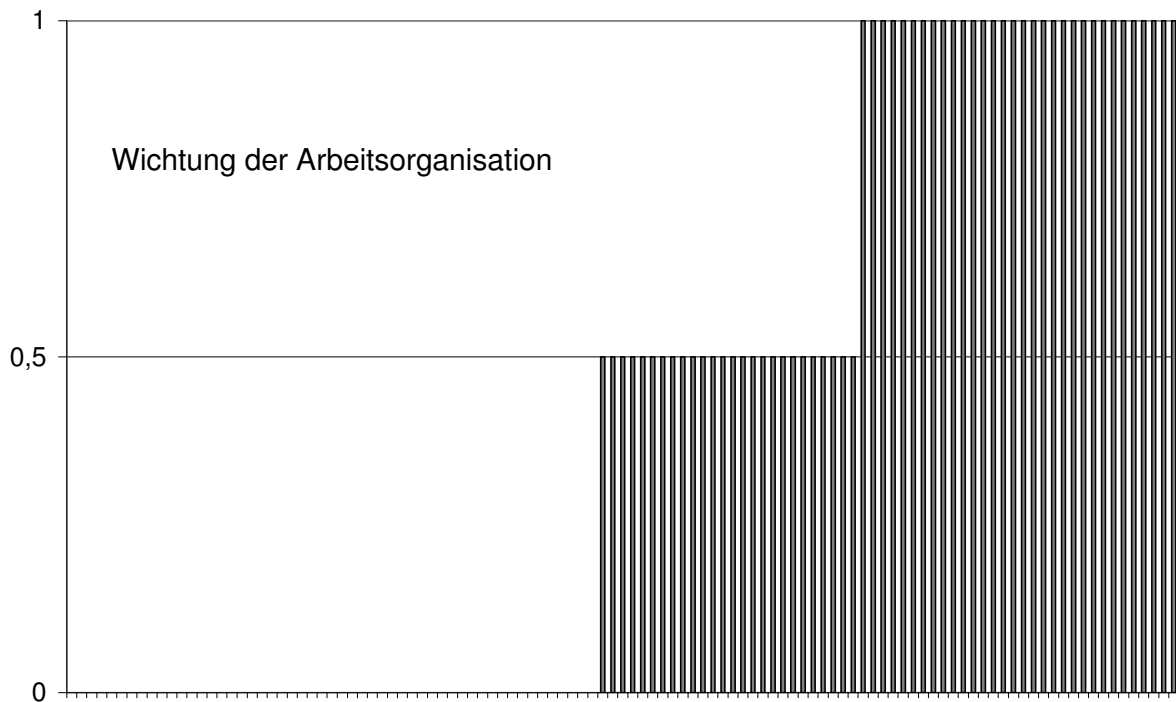
**Abb. 5.5** Nach Größe geordnete Verteilung der Summe der Haltungs- und Hand-Arm-Stellungswichtungen (untere dunkle Säulen Körperhaltung, obere helle Säulen Hand-Arm-Stellung)

### Arbeitsorganisation

Die Wichtung der Arbeitsorganisation berücksichtigt die zeitliche und organisatorische Vorbestimmtheit der Tätigkeit sowie das Arbeitstempo in einer dreistufigen Skala. Im Unterschied zu den anderen Skalen ist diese enger gestuft und verwendet die Wertebereiche 0, 0,5 und 1. Die Zuordnung zu den einzelnen Skalenbereichen war unproblematisch. Die Merkmale sind eindeutig und gut erkennbar.

Nach der Literaturlauswertung nicht erwartbar war der hohe Anteil von Tätigkeiten, die keine oder nur geringe organisatorische Zwänge aufwiesen. Ohne die Aussage statistisch zu sichern, kann festgestellt werden, dass hier ein Zusammenhang mit hohem Produktwert und Qualitätsanforderungen besteht. Bei geringer wertigen Produkten steht häufiger die Menge pro Zeiteinheit und damit eine enge Zeittaktung im Vordergrund.

Abbildung 5.6 zeigt die nach Größe geordnete Verteilung der Organisationswichtungen.



**Abb. 5.6** Nach Größe geordnete Verteilung der Arbeitsorganisationswichtigungen

### **Ausführungsbedingungen**

Wie bei der Arbeitsorganisation ist die Skale der Ausführungsbedingungen dreistufig mit Werten von 0, 0,5 und 1. Schwierigkeiten bei der Einstufung gab es bei den Versionen 2005/1 und 2005/2. Mehrere Anwender bewerteten die allgemeinen arbeitshygienischen Bedingungen. Nach Korrektur der Merkmale und Handlungsanleitung wurde der konkrete Bezug auf die synergetische Belastung des Muskel-Skelett-Systems verständlich.

Bei dem überwiegenden Teil der Tätigkeiten waren die Ausführungsbedingungen gut. Einschränkung gab es durch erschwerte Detailerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details und Konzentrationsstörungen durch Geräusche.

Schlechte Greifbarkeit durch grobe Handschuhe und ungünstige mikroklimatische Bedingungen waren selten.

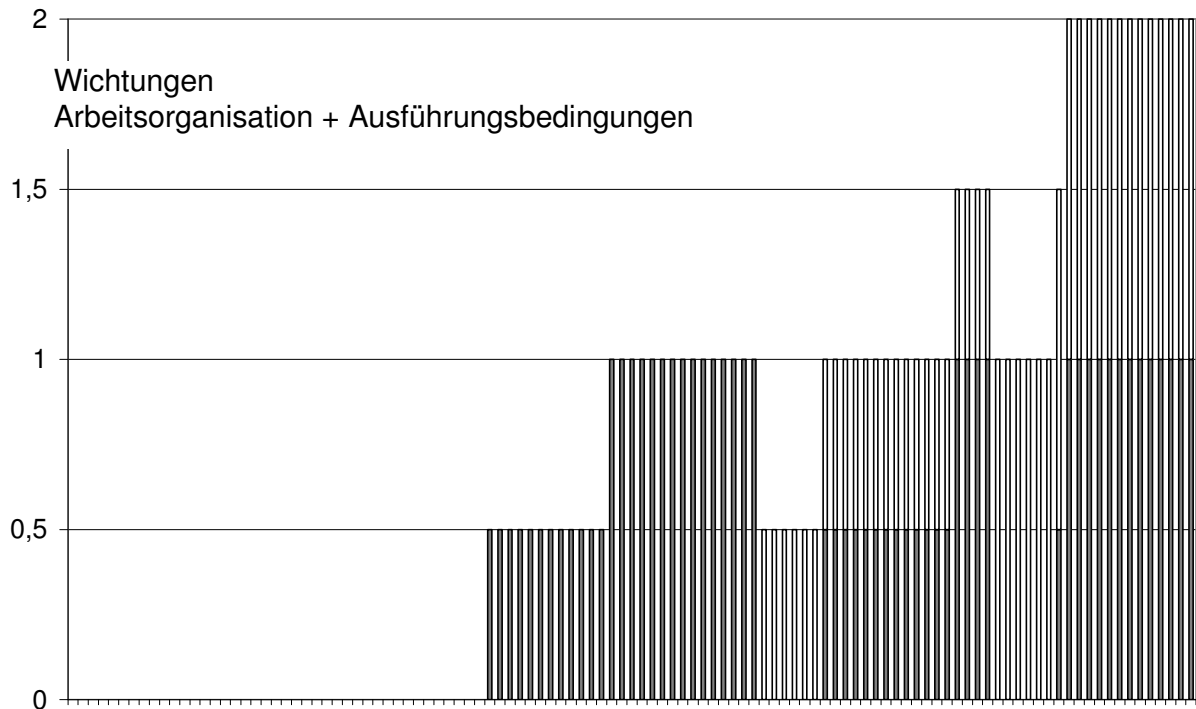
Abbildung 5.7 zeigt die nach Größe geordnete Verteilung der Ausführungsbedingungs-wichtigungen.





**Abb. 5.7** Nach Größe geordnete Verteilung der Ausführungsbedingungswichtungen

Da ein Zusammenhang zwischen arbeitsorganisatorischen Restriktionen und ungünstigen Ausführungsbedingungen ein Hinweis auf Gestaltungsdefizite sein kann, wurden die aufgefundenen Kombinationen ausgewertet (Abb. 5.8). Ca. 15 % der Tätigkeiten hatten die ungünstige Kombination. Ob und wenn ja, welche Wirkung auf die gesundheitlichen Beschwerden daraus resultiert, muss gesondert geprüft werden.

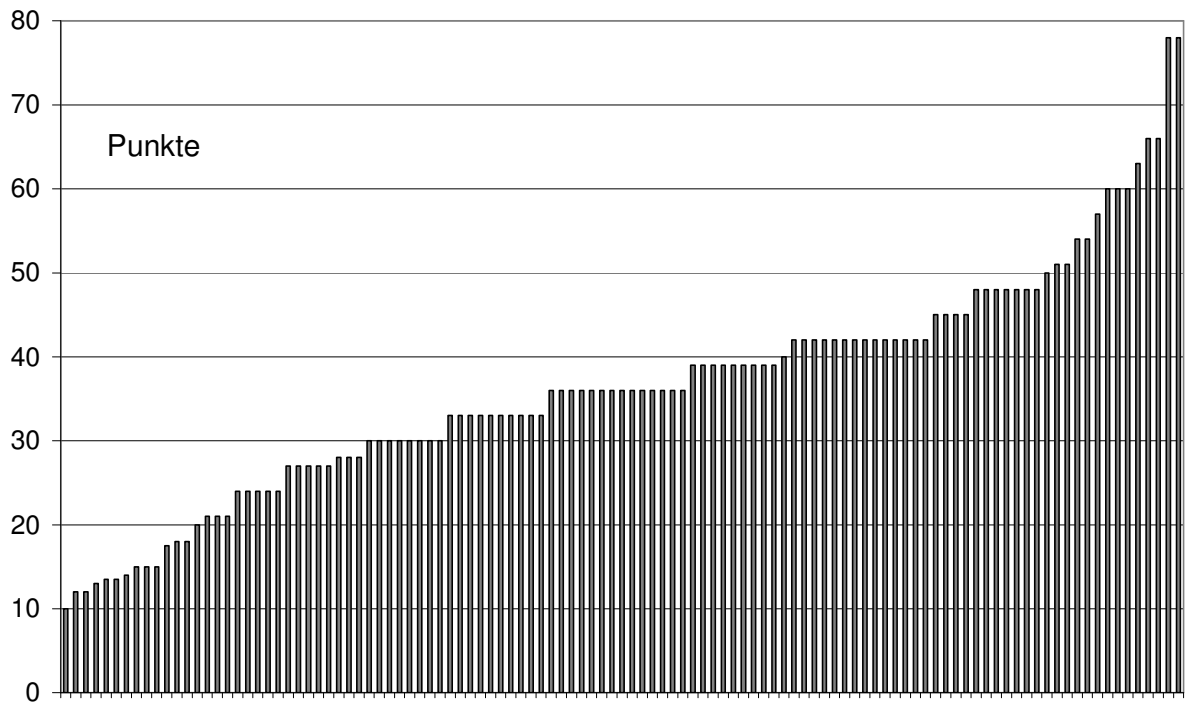


**Abb. 5.8** Nach Größe geordnete Verteilung der Summen der Arbeitsorganisations- und Ausführungsbedingungs-wichtungen (untere dunkle Säulen Arbeitsorganisation, obere helle Säulen Ausführungsbedingungen)

### Punktwerte

Die Punktwerte für eine Gesamtbewertung sollen gemäß der Konzeption der Leitmerkmalmethoden im Bereich zwischen 10 und 70 liegen. Dabei stehen die Grenzen 25 Punkte für geringe Belastung und 50 Punkte für hohe Belastung. Eine wichtige Frage war, ob der gewählte Entwurf diesem Bewertungsschema entspricht. Wie Abbildung 5.9 zeigt, deckt die Methode den vorgesehenen Bereich ab.

Bestimmend für hohe Punktwerte sind fast immer Kombinationen aus hohen Zeitan-teilen und Kräften. Die systematische Befragung zu vorhandenen Beschwerden bestätigt den vermuteten Zusammenhang. Ab ca. 40 Punkten werden häufiger Beschwerden genannt, die auch über Nacht nicht vollständig zurückgehen. Wenngleich diese Befragungen nur grobe Anhaltspunkte liefern können und statistisch nicht belastbar sind, können sie als ein Indikator für eine sinngemäße Beurteilung dienen.



**Abb. 5.9** Verteilung der Punktwerte, geordnet nach der Anzahl der Punkte

Weitere Evaluationen der Methode und ihre epidemiologische Begründung sind für ein Folgeprojekt geplant.

### 5.2.2 Beurteilungsunterschiede

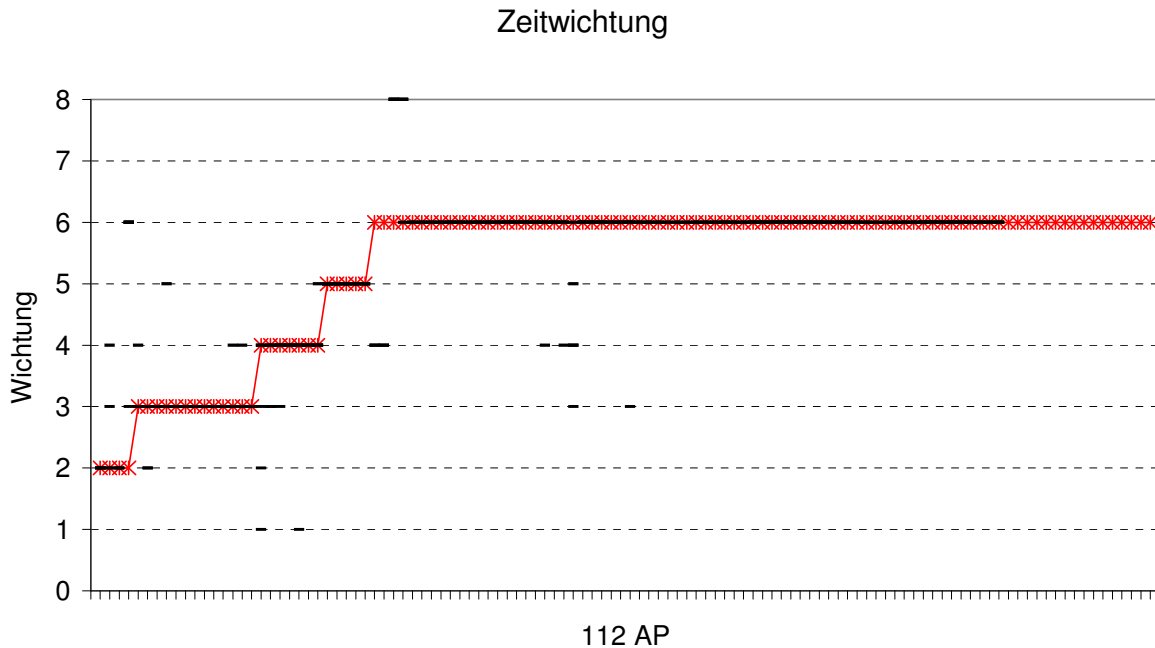
Ein wichtiges Kriterium der Methodengüte ist die Reliabilität. Bei der Ausarbeitung und Präzisierung des Entwurfes stand deshalb die unmissverständliche Benennung der Leitmerkmale und der jeweiligen Kriterien im Vordergrund. Dabei waren zwei grundsätzliche Probleme zu lösen. Ein Problem war die begrenzte Anzahl von Begriffen aus Ergonomie, Arbeitsschutz und Tarifverträgen. Diese sind nicht immer gleich definiert und werden sowohl regional als auch branchenbezogen unterschiedlich verwendet. Das andere Problem war, dass es individuell Unterschiede bei der Interpretation dieser Begriffe und bei der (logistischen) Herangehensweise gibt. Es gab Anwender, die sich auf eine wortgetreue Zuordnung konzentrierten und genaue Skaleneinordnungen anstrebten und Anwender, die mit groben praxisbezogenen Zusammenhängen operierten.

Bei der Interpretation der Beurteilungsunterschiede ist zu berücksichtigen, dass es im Rahmen dieses Projektes in erster Linie um die Herausarbeitung von möglichen Missverständnissen, Differenzen und Anwendungsgrenzen ging und das Arbeitsblatt schrittweise verbessert wurde. Unterschiedliche Tätigkeiten mit weit variierender Komplexität und nicht routinierte Anwender lassen eine wissenschaftliche Bewertung der Reliabilität nicht zu. Dennoch sollen die unter „rauen Realbedingungen“ ermittelten Beurteilungen verglichen und interpretiert werden, da sie ein wichtiger Ansatz zur Präzisierung der Handlungsanleitung und für ein nachfolgendes Evaluationsprojekt sind.

Die Beurteilungsunterschiede werden für alle Leitmerkmale als Grafik dargestellt. Die Grafiken enthalten die nach Größe geordneten „richtigen Beurteilungen“ (Abschn. 6.1.2) und die dazugehörigen Einzelbeurteilungen *mit Spannweiten*.

### Zeitdauer

Die Gesamtdauer der Teiltätigkeit pro Schicht ist eine technologische Größe, die vor den Beurteilungen bekannt war. Dennoch gab es vereinzelte Abweichungen.

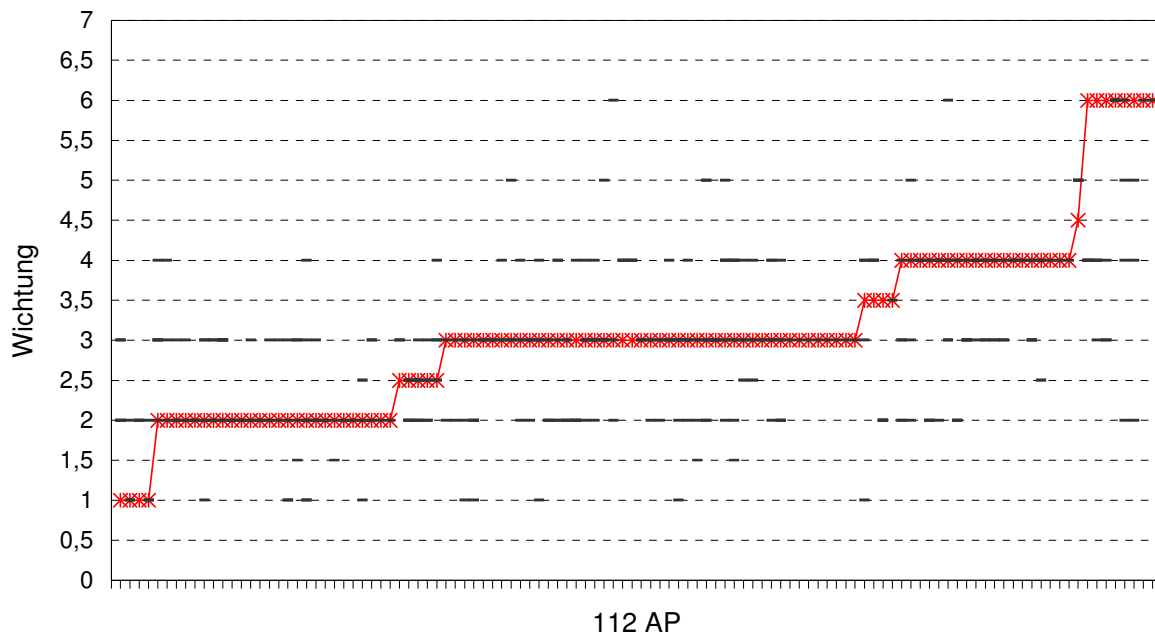


**Abb. 5.10** Vergleich der Wichtungen zum Merkmal Gesamtdauer der Teiltätigkeit pro Schicht

### Art der Kraftausübung

Abbildung 5.11 zeigt den Vergleich der Wichtungszahlen für die Kraftausübung. Da diese Wichtung ein Mittelwert aus einzelnen, unterschiedlichen Kraftaufwendungen ist, sind auch differenzierte Betrachtungen der einzelnen Einordnungen in der Tabelle „Art der Kraftausübung(en)“ vorgenommen worden.

## Kraftwichtung



**Abb. 5.11** Vergleich von 410 Wichtungen zum Merkmal Kraftausübung. Die Abweichungen vom „richtigen Wert“ betragen: Bis zu einem Punkt 23 %, mehr als 1 Punkt 8 %. Zwei Drittel haben keine Abweichung.

Die Auswertung führt zu folgenden Ergebnissen:

- Bei einfach strukturierten Tätigkeiten mit deutlich erkennbaren und unterscheidbaren Handlungen war die Übereinstimmung hoch. Mit zunehmender Komplexität wurden die Einstufungen unsicherer.
- Bei Handlungen mit geringen Kraftaufwendungen und geringem Bewegungsausmaß wurden sie mitunter als „quasistatisch“ angesehen. Es erfolgten unterschiedliche Einordnungen in statisch oder dynamisch.
- Mehrere Anwender notierten nur den „typischen Mittelwert“. Sie nutzten die Möglichkeit der differenzierten Tätigkeitsbeschreibung nicht.
- Wenige Anwender haben unsinnige Einstufungen vorgenommen.
- Trotz des schwierigen Merkmals und der zweidimensionalen Skalierung hatten zwei Drittel keine Abweichung vom „richtigen Wert“. Die Abweichungen betragen: Bis zu einem Punkt 23 %, mehr als 1 Punkt 8 %.

Eine weitere Erkenntnis der Vor-Ort-Diskussionen war, dass unterschiedliche Anwender die gleiche Tätigkeit unterschiedlich wahrnahmen. Einzelne Tätigkeitssequenzen wurden übersehen, andere überbewertet. Trotz Briefing und ausreichender Beurteilungszeit war die Arbeitsanalyse häufig nur flüchtig. Unterschiedliche arbeitswissenschaftliche Voraussetzungen und Praxiserfahrungen waren dafür die wesentlichen Ursachen.

Die Tabellen 5.1 bis 5.4 zeigen typische interindividuelle Beurteilerunterschiede. In den vereinfachten Krafttabellen des Formblatts sind die jeweiligen Einzelnotierungen als Punkte verzeichnet. In Tabelle 5.4 war die Zuordnung zur Greifart schwierig, da mehrere Teile in der Hand bevorratet wurden und mit Umfassungsgriff gehalten wer-

den, die eigentliche Arbeitsausführung aber mit Fingerzufassung möglich wäre.

**Tab. 5.1** Vergleich der Einzelbeurteilungen zum Merkmal Kraftausübung für Tätigkeit Ebe 4 (interner Code), einfache Tätigkeit mit einer dominierenden Einzelhandlung, 5 Beurteiler

Krafthöhe	Dauer pro Minute			Häufigkeit pro Minute				
	60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60
sehr gering								
gering						•		
mittel					••			
erhöht					••			
hoch								

**Tab. 5.2** Vergleich der Einzelbeurteilungen zum Merkmal Kraftausübung für Tätigkeit Scher 4, einfache Tätigkeit mit einer dominierenden Einzelhandlung, 4 Beurteiler

Krafthöhe	Dauer pro Minute			Häufigkeit pro Minute				
	60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60
sehr gering					•••			
gering						•		
mittel								
erhöht								
hoch								

**Tab. 5.3** Vergleich der Einzelbeurteilungen zum Merkmal Kraftausübung für Tätigkeit Ebe 1, komplexer Handlungsablauf mit mehreren Handlungen und deutlicher rechts-links-Differenz, 5 Beurteiler

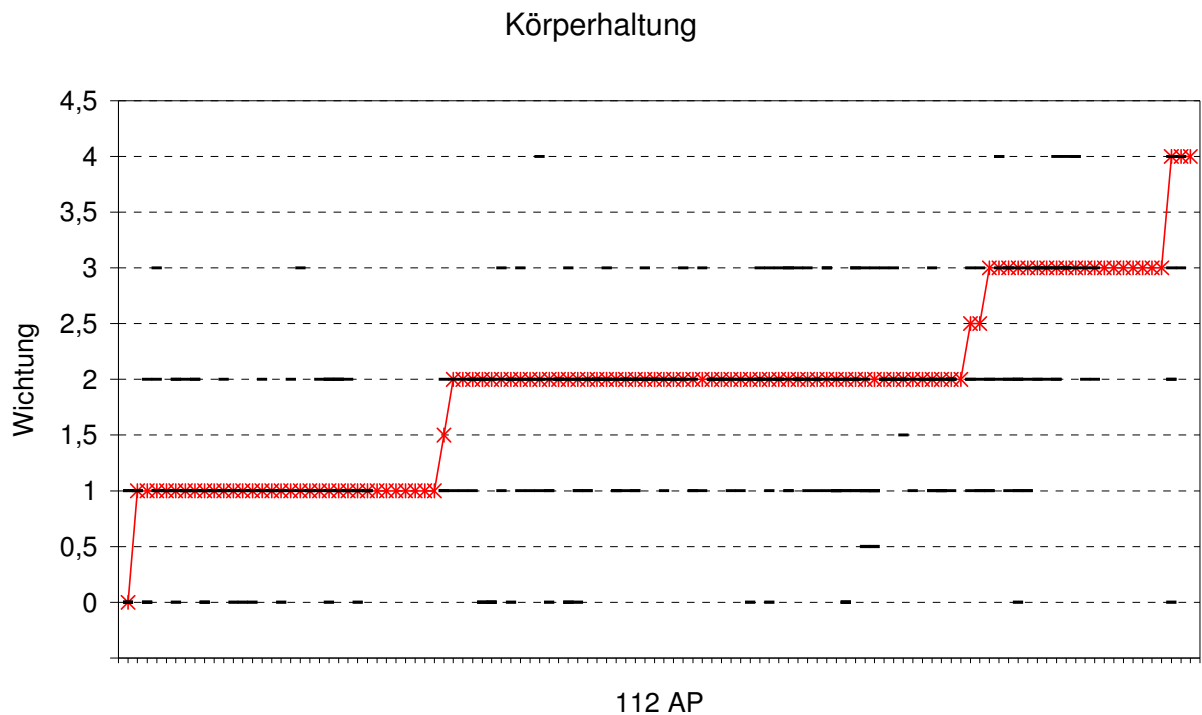
Krafthöhe	Dauer pro Minute			Häufigkeit pro Minute				
	60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60
sehr gering								
gering								
mittel			•	•	•			
erhöht					••	•		
hoch		••			••			

**Tab. 5.4** Vergleich der Einzelbeurteilungen zum Merkmal Kraftausübung für Tätigkeit VEM 3, einfache Tätigkeit mit einer dominierenden Einzelhandlung, geringer Bewegungsumfang, 4 Beurteiler

Krafthöhe	Dauer pro Minute			Häufigkeit pro Minute				
	60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60
sehr gering								
gering			•				•	
mittel	•		•		••		•	
erhöht							•	
hoch			•		•			

### Körperhaltung

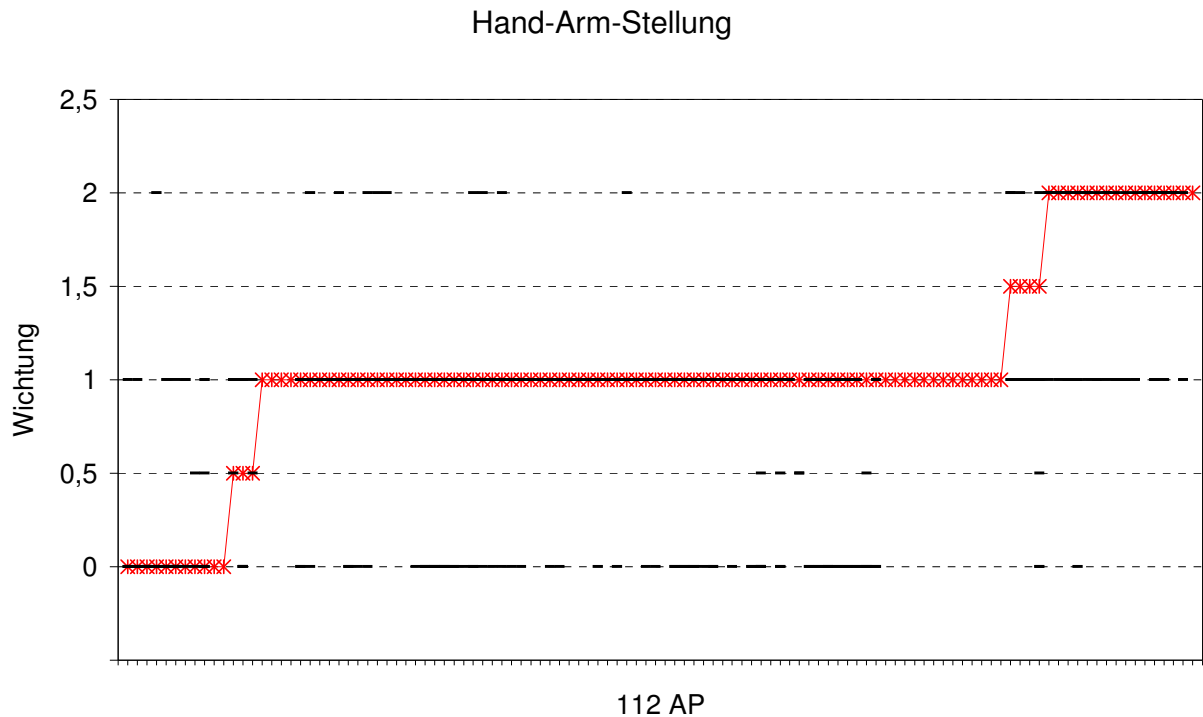
Abbildung 5.12 zeigt den Vergleich der Wichtungszahlen für die Körperhaltung. Weil die Körperhaltungen bei manuellen Arbeitsprozessen wenig wechseln und gut beschreibbar sind, gab es vergleichsweise geringe Abweichungen. 73 % hatten keine Abweichung vom „richtigen Wert“. Die Abweichungen betragen: Bis zu einem Punkt 22 %, mehr als 1 Punkt 5 %.



**Abb. 5.12** Vergleich von 410 Wichtungen zum Merkmal Körperhaltung. 73 % hatten keine Abweichung vom „richtigen Wert“. Die Abweichungen betragen: Bis zu einem Punkt 22 %, mehr als 1 Punkt 5 %.

### Hand-Arm-Stellung

Abbildung 5.13 zeigt den Vergleich der Wichtungszahlen für die Hand-Arm-Stellungen. Trotz der teilweise sehr schnellen Bewegungen gab es unerwartet geringe Beurteilungsdifferenzen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die dreistufige Skale nur grob differenziert und extreme Gelenkstellungen bei den vorgefundenen hohen Zeitanteilen selten sind.



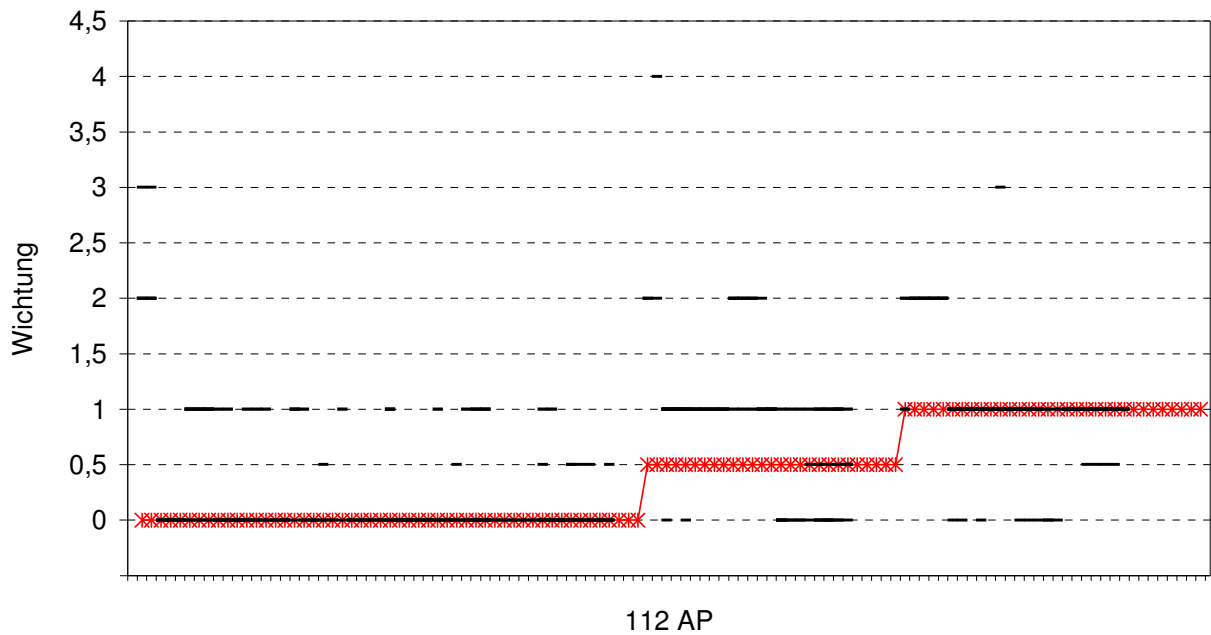
**Abb. 5.13** Vergleich von 410 Wichtungen zum Merkmal Hand-Arm-Stellung. 79 % hatten keine Abweichung vom „richtigen Wert“. Die Abweichungen lagen bei 21 %. Da es nur eine dreistufige Skale mit den Werten 0, 1 und 2 ist, wurde auf eine Differenzierung der Abweichungen verzichtet.

### Arbeitsorganisation

Abbildung 5.14 zeigt die Wichtungszahlen für die Arbeitsorganisation. Ein Vergleich ist nicht möglich, da die Skale für dieses Merkmal im Laufe der Erprobung verkürzt wurde. In der Startversion waren Wichtungszahlen von 0 bis 4 vorgesehen. Ab Version 2005/2 wurde sie auf 0 und 1 begrenzt, da der tatsächliche Einfluss auf die Belastung geringer ist als angenommen. Insgesamt wichen 18 % vom „richtigen Wert“ ab.



## Arbeitsorganisation

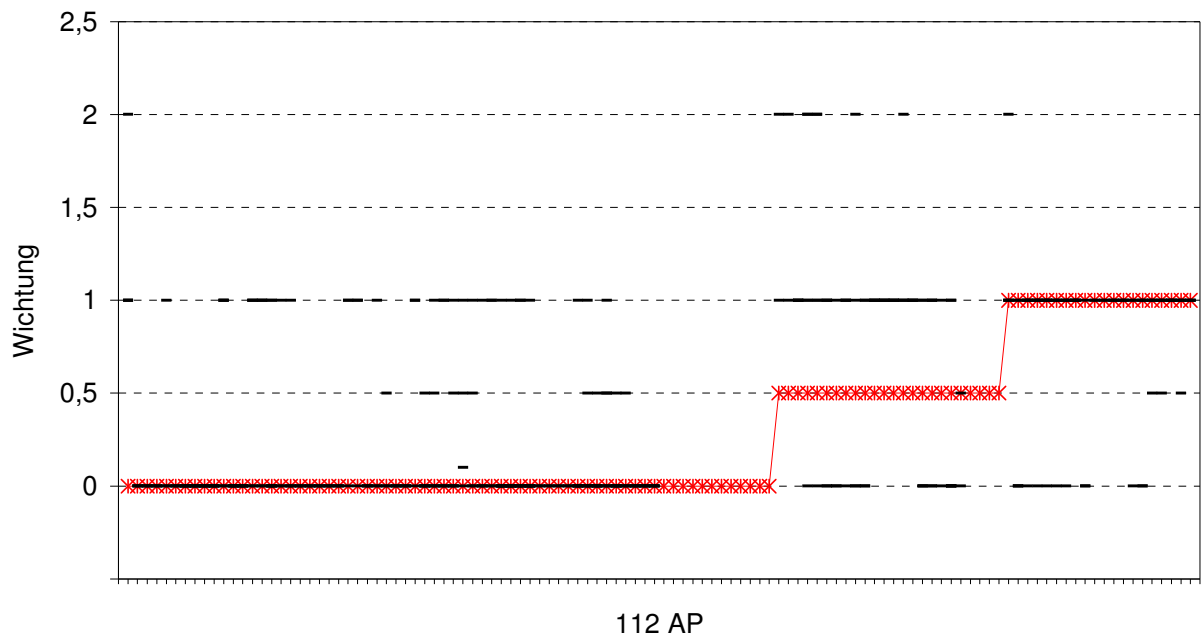


**Abb. 5.14** 410 Wichtungen zum Merkmal Arbeitsorganisation. 82 % hatten keine Abweichung vom „richtigen Wert“. Die Abweichungen lagen bei 18 %.

### Ausführungsbedingungen

Abbildung 5.15 zeigt die Wichtungszahlen für die Ausführungsbedingungen. Ein Vergleich ist hier nur bedingt möglich, da die Skale auch für dieses Merkmal im Laufe der Erprobung verkürzt wurde. In der Startversion waren Wichtungszahlen von 0 bis 2 vorgesehen. Ab Version 2005/2 wurde sie auf 0 und 1 begrenzt, da der tatsächliche Einfluss auf die Belastung geringer ist als angenommen und überwiegend gute bis sehr gute Bedingungen angetroffen wurden (für Ausnahmen kann extrapoliert werden). Insgesamt wichen 19 % vom „richtigen Wert“ ab.

## Ausführungsbedingungen

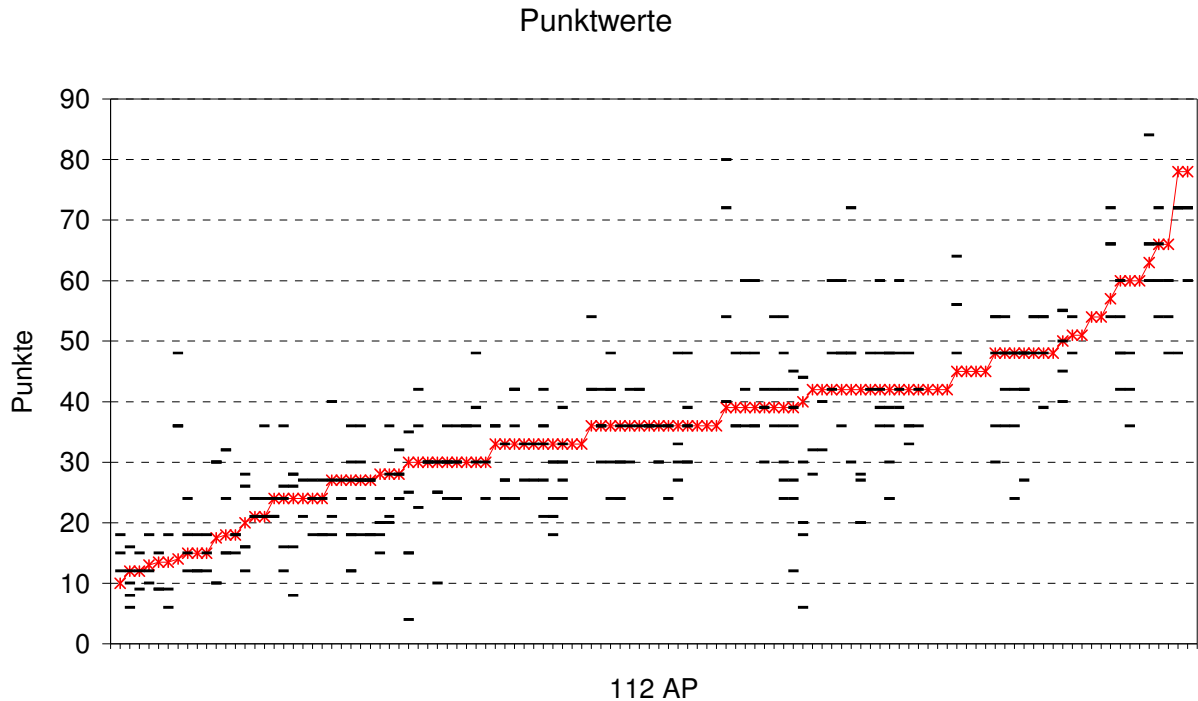


**Abb. 5.15** 410 Wichtungen zum Merkmal Ausführungsbedingungen. 81 % hatten keine Abweichung vom „richtigen Wert“. Die Abweichungen lagen bei 19 %.

### Punktwerte

Abbildung 5.16 zeigt die Verteilung der errechneten Punktwerte. Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Versionen verwendet wurden und demzufolge nicht direkt vergleichbare Beurteilungsergebnisse vorliegen. Da die Unterschiede allerdings gering sind und im Sinne der Leitmerkmalmethode ohnehin nur grobe Einstufungen vorgenommen werden sollen, ist die Vermischung möglich.

Die Ergebnisse sind zufriedenstellend. Extreme Fehlbeurteilungen gab es nur wenige. Die punktgenaue Übereinstimmung mit den „richtigen Werten“ lag bei 44 %. 1 bis 5 Punkte Abweichungen gab es bei 20 %, 6 bis 10 Punkte Abweichung bei 20 % und Abweichungen mit mehr als 10 Punkten bei 16 %.



**Abb. 5.16** Vergleich von 410 errechneten Punktwerten. Ohne Abweichungen vom „richtigen Wert“ waren 44 %. 1 bis 5 Punkte Abweichungen gab es bei 20 %, 6 bis 10 Punkte Abweichung bei 20 % und Abweichungen mit mehr als 10 Punkten bei 16 % aller Beurteilungen.

### 5.2.3 Aufwand

Die verfügbare Zeit für die Vor-Ort-Analysen war unbegrenzt. Die genutzte Zeit für die Analyse und Beurteilung lag bei maximal 20 Minuten pro Arbeitsplatz.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die am Erprobungsprogramm beteiligten Personen „Neulinge“ waren und viele die zu beurteilenden Tätigkeiten vorher nicht konnten. Vereinfachend war jedoch, dass in dieser Zeit mehrere Zyklen beobachtet und wichtige Informationen erfragt werden konnten. Betriebliche Anwender und solche mit ergonomischen Erfahrungen benötigten deutlich weniger Zeit.

Nach Auswertung der Beurteilerdifferenzen und Problemdiskussionen ergibt sich die Notwendigkeit einer genauen Arbeitsablaufstudie, die den Zeitaufwand wieder erhöhen wird. Für routinierte Anwender und exakte Analyse dürften 20 Minuten einzuplanen sein. Für komplexe und zeitlich variable Tätigkeitsabläufe sind allerdings über die orientierende Analyse mit der Leitmerkmalermethode hinausgehende Studien erforderlich.

### 5.2.4 Akzeptanz, Validität

Diese Kriterien der Methodengüte wurden durch Auswertung der Beurteilungsergebnisse und Vor-Ort-Diskussionen geprüft.

Die Akzeptanz gegenüber der Leitmerkmalermethode Manuelle Arbeitsprozesse war hoch, sowohl hinsichtlich des Praxisbedarfs als auch der methodischen Herangehensweise. Insbesondere die Anwender, die mit den Leitmerkmalermethoden Heben,

Halten, Tragen und Ziehen, Schieben routinemäßig arbeiten, werteten sie als wesentliche Unterstützung für die betriebliche Arbeit und wendeten den Entwurf häufig für die Beurteilung weiterer Tätigkeiten im Unternehmen an. Ablehnungen gab es nicht.

Die Akzeptanz gegenüber den Beurteilungsergebnissen war ebenfalls hoch. Viele Anwender aus den Unternehmen bestätigten eine Übereinstimmung der Beurteilungen mit den thematisierten Belastungswahrnehmungen. Das betraf sowohl die Wichtigkeit der Leitmerkmale als auch die Punktwerte. Wichtig für die Betriebspraktiker war, dass sie eine strukturierte und systematische Unterstützung bei ihrer Arbeit erhalten haben. Kritische Anmerkungen gab es in einigen Detailfragen, die sich insbesondere auf die betrieblichen Folgen von kritischen Beurteilungen bezogen. Hier wurde das Problem einer „Überakzeptanz“ deutlich, das auch bei den anderen Leitmerkmalmethoden besteht. Aus den Beurteilungsergebnissen werden direkt konkrete Gestaltungsmaßnahmen abgeleitet. Das können orientierende Methoden zur Gefährdungsanalyse aber vom Grundsatz her nicht leisten.

Nichtbetriebliche Anwender werteten die Beurteilungsergebnisse aus allgemeiner erfahrungsergonomischer Sicht und akzeptierten diese als im Wesentlichen stimmig.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind die Beurteilungsergebnisse der Stichprobe akzeptabel. Es liegt eine angemessene Verteilung über die Risikobereiche vor.

Im Zusammenhang mit der Validierung wurde getestet, ob ein Zusammenhang zwischen Beurteilungsergebnissen und Beschwerden erkennbar ist. Dazu erfolgten systematische Befragungen. Es wurden Vertreter der Betriebe befragt, ob und welche Beschwerden an den jeweiligen Arbeitsplätzen bekannt sind und es wurden die Beschäftigten selbst befragt. Dabei wurde nach Lokalisierung, Intensität und Dauer gefragt. Eine statistische Auswertung der Daten war nicht vorgesehen.

Aufgrund der Vor-Ort-Situationen war eine Befragung an 84 Arbeitsplätzen möglich. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 6.5.

**Tab. 5.5** Genannte Beschwerden in Abhängigkeit von der Lokalisierung und von der Intensität, Angaben in % der Befragten

Genannte Beschwerden	Hand	Schulter	Nacken
keine	74	53	74
schmerzhafte Ermüdung zum Schichtende	8	26	12
anhaltende Beschwerden (Wochenprävalenz)	18	21	14

Ein Vergleich mit den Daten aus dem Bundesgesundheits surveys BGS und des Forschungsprojektes F 1911 (GEBHARDT et al., 2006) weist auf einen höheren Anteil der Hand-/Handgelenk-Beschwerden hin und stützt die zugrunde gelegten Hypothesen.

**Tab. 5.6** Vergleich der Beschwerdeangaben aus der Befragung, dem BGS und dem F 1911, Angaben in % der Befragten

Wochenprävalenz	Hand	Schulter	Nacken
Befragung	18	21	14
BGS	9,7	22,6	25,3
F 1911	6,5	15,3	20,4

Eine weitergehende Interpretation und der Versuch der Zuordnung von Beschwerden zu spezifischen Arbeitsbelastungen ist aus mehreren Gründen nicht sinnvoll:

- Es waren zu wenige Befragungen.
- Viele Tätigkeiten wurden nicht ständig ausgeführt, sondern wechselten je nach Auftragslage.
- Mehrere Befragte übten die Tätigkeit erst seit kurzer Zeit aus.
- Bei erhöhten Anforderungen an Hand-Arm-Kräfte wurden höher belastbare männliche Beschäftigte eingesetzt.
- Bei erhöhten Anforderungen wurde häufig ein Tätigkeitswechsel organisiert.
- Bei höherwertigen Produkten und hohen Qualitätsanforderungen wurde das Arbeitstempo reduziert, um übermäßige Ermüdungen zu vermeiden.

### 5.3 Auswertung

Die vorläufige Endversion 2005/4 erfüllt die erwarteten Anforderungen an eine Screeningmethode. Die Ergebnisse liegen in volks- und betriebswirtschaftlich akzeptablen Bereichen.

Die Methode ist für die potenziellen Anwender verständlich, benötigt einen vertretbaren Zeitaufwand und wird von nahezu allen Teilnehmern als praxisgerechte Hilfe zur Gefährdungsbeurteilung und Arbeitsgestaltung eingeschätzt.

Begriffliche Unklarheiten, unangemessene Skalenlängen und Wichtungen bestanden bei den ersten Versionen. Sie konnten im Erprobungsverlauf reduziert werden. Das Ziel, die Handlungsanleitung wie bei den Leitmerkalmethoden HHT und ZS auf zwei Seiten im Format DIN A4 zu begrenzen, wurde nicht erreicht. Insbesondere die Erfassung der Art, Höhe und Dauer der Aktionskräfte erfordert mehr Erklärungen. Um eine sachgerechte Anwendung zu sichern, wurde die Handlungsanleitung wesentlich erweitert und durch Beispiele ergänzt.

Anwendungsgrenzen der Leitmerkalmethode werden erreicht, wenn die Tätigkeiten komplex und zeitlich variabel sind, sowie bei höheren und sehr geringen Kraftaufwendungen. Bei komplexen Tätigkeiten sind ausführliche Arbeitsanalysen und weitere Methoden zur Belastungs-, Beanspruchungs- und Beschwerdenerfassung entsprechend dem Praxisgerechten Methodeninventar (CAFFIER et al., 1999) einsetzbar. Für sehr geringe und höhere Kräfte werden wegen der unterschiedlichen biologischen Wirkungen und möglichen Schädigungsmechanismen weitere Leitmerkalmethoden erarbeitet.

Insgesamt erlauben die Ergebnisse der Anwendungserprobung, wie sie in diesem Abschnitt und im folgenden Abschnitt 6 beschrieben sind, die Veröffentlichung und Freigabe zur Breitereprobung. Zeitgleich erfolgt die Vorbereitung für eine wissenschaftliche Evaluierung.

# 6 Veröffentlichungsfähiger Entwurf 2007

Als Ergebnis der Methodenerprobung, nachgehender Diskussionen und ergänzender Literaturlauswertungen liegt der Entwurf 2007 vor. Er wird veröffentlicht mit der Anforderung zur kritischen Breiterprobung für die nächsten Jahre. Alle Hinweise werden gesammelt und gemeinsam mit den Ergebnissen des Evaluationsprojektes ausgewertet.

## 6.1 Formblatt Leitmerkmalermethode Manuelle Arbeitsprozesse

Leitmerkmalermethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen  
Die Gesamttätigkeit ist ggf. in Teiltätigkeiten zu gliedern. Jede Teiltätigkeit mit einheitlichen körperlichen Belastungen ist getrennt zu beurteilen.  
Arbeitsplatz/Teiltätigkeit: \_\_\_\_\_

### 1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung und Informationen zum Arbeitsablauf

Gesamtdauer dieser Tätigkeit pro Schicht	Zeitwichtung
< 120 min	1
120 - 180 min	2
180 - 240 min	3
240 - 300 min	4
300 - 360 min	5
> 360 min	6

Zusatzinformationen	
Zyklische Tätigkeit	
Dauer eines Zyklus	
Anzahl der Zyklen pro Schicht	
Anteil an Arbeitszeit	%
oder	
Kontinuierliche Tätigkeit	
Anteil an Arbeitszeit	%

Entwurf 2007 zur allgemeinen Praxistestung

Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Berlin Gruppe 3.4 www.baua.de

### 2. Schritt: Bestimmung der Wichtungen von Art der Kraftausübung, Arbeitsorganisation, Ausführungsbedingungen, Körperhaltung und Hand-Armstellung und -Bewegung

Art der Kraftausübung(en)	Beschreibung, typische Beispiele	Halten			Bewegen								
		Haltdauer (Sek. pro Minute)			Bewegungshäufigkeiten (Ranzahl pro Minute)								
Höhe *)		60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60				
sehr gering < 20 g < 0,2 N	Ausübung von leichtem Druck durch Finger Tastbedienungen / Verschieben / Ordnen / Halten / Sortieren	2	1	1	1	1	2	3	3				
gering 20 ... 100 g 0,2 ... 1 N	Ausübung von Druck durch Auflage der Hand oder Fingerzulleistung Halten / Materialabführung / Fügen	3	2	2	1	2	3	4	4				
mittel 100 ... 500 g 1 ... 5 N	Fingerzulleistung Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen	4	3	2	1	2	3	4	-				
erhöht 0,5 ... 1 kg 5 ... 10 N	Handzulleistung Drehen / Wickeln / Verpacken Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen	-	-	-	1	2	3	4	5				
hoch 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N	Kraftbetonte Handzulleistung Schneiden mit Scharen oder Messern / Benutzung von Zangen oder Hand-Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen	-	4	3	2	3	4	-	-				
sehr hoch 2,5 ... 5 kg 25 ... 50 N	Große, manchmal maximale Finger-/Hand-Kräfte Schlagen mit Handfläche oder Faust	-	-	7	5	7	-	-	-				
		-	-	-	3	4	6	8	-				

\*) Die Zahlenangaben beziehen sich auf Gewichte (g, kg) und Aktionskräfte (N). 1 kg entspricht 10 Newton.

Arbeitsorganisation	Wichtung
Keine oder weite Taktbindung: Arbeitsablauf beeinflussbar / Pausen wählbar / Handlungsspielraum vorhanden / Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / unterschiedliche Hand-Arm-Bewegungen	0
Enge Taktbindung: Arbeitsablauf fest vorgegeben / wenige Einzelbewegungen pro Zyklus / eingeschränkter Handlungsspielraum / Pausen nur mit Springer / hohes Arbeitstempo	0,5
In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen.	1
Ausführungsbedingungen	Wichtung
Gut: sichere Detaillerkennbarkeit / keine Blendung / gute klimatische Bedingungen / keine Behinderung der Bewegungsfreiheit / Bedien- und Anzeigeelemente im günstigen Bereich / gute Greifbarkeit	0
Eingeschränkt: erschwerte Detaillerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Verschmutzung / Konzentrationsstörungen durch Geräusche / schlechte Greifbarkeit durch grobe Handschuhe	0,5
In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. Bei sehr ungünstigen Bedingungen kann die Wichtung 2 vergeben werden.	1

Körperhaltung **)	Wichtung
Gut: Wechsel von Sitzen und Stehen möglich / Wechsel von Stehen und Gehen / dynamisches Sitzen ist möglich / Hand-Arm-Auflage bei Bedarf möglich / keine Verdrehung / Kopfhaltung variabel	0
Eingeschränkt: Rumpf leicht vorgebeugt und/oder leicht verdreht / stärkere Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / Kopfhaltung zur Detaillerkennnung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Sitzen oder Stehen ohne Gehen	1
	2
	3
Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgebeugt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfnäigung oder -verdrehung	4

\*) Es ist die typische Körperhaltung zu berücksichtigen. Gelegentliche Abweichungen können vernachlässigt werden.

Hand-/Armstellung und -Bewegung **)	Wichtung
Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur gelegentliche Abweichungen / überwiegend körpernahe Armhaltung / nur gelegentliches Greifen ober Schulterhöhe	0
Eingeschränkt: Häufigere Stellung oder Bewegung der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / häufiger körperfernes Greifen / häufigeres Greifen über Schulterhöhe	1
Schlecht: Ständige Stellung oder Bewegung der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / häufiges oder lang anhaltendes Greifen über Schulterhöhe / lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung	2

\*) Es sind die typische Stellungen zu berücksichtigen. Gelegentliche Abweichungen können vernachlässigt werden.

### 3. Schritt: Bewertung

Die für diese Tätigkeit zutreffenden Wichtungen sind in das Schema einzutragen und auszurechnen

+	Art der Kraftausübung	.....			
+	Arbeitsorganisation	.....			
+	Ausführungsbedingungen	.....			
+	Körperhaltung	.....			
+	Hand-/Armstellung	.....			
=	Summe	.....	X	Zeitwichtung	
				=	Punktwert

Anhand des errechneten Punktwertes und der folgenden Tabelle kann eine grobe Bewertung vorgenommen werden.

Risikobereich ***)	Punktwert	Beschreibung
1	<10	Geringe Belastung. Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis <25	Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei verminderter belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis <50	Erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.
4	≥50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

\*) Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen flexibel. Damit darf die Einstufung nur als Orientierungshilfe verstanden werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems zunimmt.

Abb. 6.1 Formblatt Leitmerkmalermethode Manuelle Arbeitsprozesse

## 6.2 Handlungsanleitung für die Beurteilung der Arbeitsbedingungen gemäß Arbeitsschutzgesetz – Teil Manuelle Arbeitsprozesse –

### **Anwendungsbereich**

Diese Methode dient der Beurteilung von Tätigkeiten mit geringen Aktionskräften im Bereich bis 50 N oder Gewichten bis 5 kg. Die Arbeitsausführung erfolgt überwiegend im Finger-Hand-Arm-Bereich bei geringen Rumpf- und Beinbewegungen. Die Körperhaltung kann Sitzen oder Stehen sein. Typische Merkmale dieser Tätigkeiten sind häufige Wiederholungen gleicher Handgriffe sowie Anforderungen an die Geschicklichkeit und das Erkennen von kleinen Details.

*Weitere Methoden gibt es für die Beurteilung von:*

- *Heben, Halten und Tragen (Transport von Lasten mit mehr als 5 kg, bei verschiedenen Körperhaltungen und Bewegungen)*
- *Ziehen und Schieben (Bewegung von Lasten durch horizontale Aktionskräfte mit mehr als 50 N über unterschiedliche Weglängen mit Wagen, durch Rollen oder Gleiten)*

### **Achtung!**

**Dieses Verfahren dient der orientierenden Beurteilung der physischen Belastungen. Trotzdem ist bei der Bestimmung der Zeitanteile, der Art der Kraftaufwendungen, der Haltungen, der Arbeitsorganisation und Ausführungsbedingungen eine gute Kenntnis der zu beurteilenden Teiltätigkeit unbedingte Voraussetzung. Ist diese nicht vorhanden, darf keine Beurteilung vorgenommen werden. Grobe Schätzungen oder Vermutungen führen zu falschen Ergebnissen.**

**Die Beurteilung erfolgt grundsätzlich für Teiltätigkeiten und ist auf einen Arbeitstag zu beziehen.** Wechseln innerhalb einer Teiltätigkeit die Art und Häufigkeit der Bewegungszyklen, so sind Mittelwerte zu bilden. Treten innerhalb einer Gesamttätigkeit **mehrere Teiltätigkeiten** mit deutlich unterschiedlichen Merkmalen auf, sind diese **getrennt einzuschätzen** und zu dokumentieren.

Zur Beurteilung sind 3 Schritte erforderlich: 1. Bestimmung der Zeitwichtung, 2. Bestimmung der Wichtung der Leitmerkmale und 3. Bewertung.

Bei der Bestimmung der Wichtungen ist die Bildung von Zwischenstufen (Interpolation) möglich. Eine Tätigkeitsdauer von 3 Stunden ergibt z.B. die Zeitwichtung 2,5. Überschreiten die vorgefundenen Bedingungen die angegebenen Skalenbereiche, kann sinngemäß extrapoliert werden.

## 1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung

Die Bestimmung der Zeitwichtung erfolgt anhand der linken Tabelle. Es ist die Gesamtdauer der zu beurteilenden Tätigkeit mit repetitiven Arbeitsanteilen zu berücksichtigen. Kürzere Hilfstätigkeiten wie z.B. Material ordnen, Werkzeugpflege oder Abrechnungen werden nicht berücksichtigt.

Die Angaben in den rechten Feldern zum Arbeitsablauf (Zyklusdauer, Zyklushäufigkeit, Anteil an der Schichtzeit) werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt. Sie dienen der Beschreibung und Dokumentation der Arbeitsbedingungen.

## 2. Schritt: Bestimmung der Wichtung von Art der Kraftausübung, Arbeitsorganisation, Ausführungsbedingungen, Körperhaltung und Hand-Arm-Stellung und -Bewegung

### 2.1 Art der Kraftausübung

*Manuelle Arbeitsprozesse sind fast immer eine schnelle Abfolge von unterschiedlichen Handgriffen. Gleichartige, immer wiederkehrende Arbeitsabläufe werden als zyklisch bezeichnet. Die Zeitdauer vom Beginn bis zum Ende ist die Zykluszeit. In der Praxis gibt es Zykluszeiten von wenigen Sekunden (z.B. Greifen eines Teils, Einlegen in Presse, Pressen, Entnahme, Ablage) bis zu mehreren Minuten bei komplexen Montagevorgängen. Dabei sind häufige Handgriffe ebenso möglich wie längeres Halten und weite Armbewegungen. Da für die physische Beanspruchung Art und Höhe der Kraftausübung wichtiger sind als die Zyklusdauer, wird als (normierendes) Bezugsmaß eine typische Arbeitsminute angenommen. Die innerhalb eines Zyklus ausgeführten Handlungen müssen dazu auf 1 min hoch- bzw. heruntergerechnet werden.*

Die Bestimmung der Wichtung der Art der Kraftausübung erfolgt anhand der Tabelle unter Berücksichtigung von Höhe und Dauer/Häufigkeit.

Die Erfassung der Höhe der Kraft erfolgt durch Abschätzung nach Beobachtung und ggf. Befragung der Beschäftigten. Die angegebenen Kraft-/Gewichtswerte dienen zur groben Unterscheidung, können aber auch messtechnisch ermittelt werden. Wichtiger als der genaue Kraftmesswert ist jedoch die Einstufung auf der Skale von sehr gering bis sehr hoch. Die Beispiele und die Beschreibung dienen als Einstufungshilfe.

Die Erfassung der Dauer/Häufigkeit der Einzelhandhabungen erfolgt durch Beobachtung und Zählen über mehrere Zyklen. Wichtig ist, dass repräsentative Werte ermittelt werden. Erfahrungsgemäß reicht bei Zykluszeiten bis 60 s die Beobachtung von 5 Zyklen aus. Bei längeren Zykluszeiten müssen 10 bis 15 Zyklen beobachtet werden.

Da es unterschiedliche Handgriffe und unterschiedliche Kraftaufwendungen innerhalb eines Zyklus gibt, sind diese getrennt zu erfassen. Aus den unterschiedlichen Einzelwichtungen ist eine Gesamtwichtung zu bilden. **Die grundsätzliche Regel hierfür ist die Verwendung des höchsten Wertes.** Eine Erhöhung ist dann vorzunehmen, wenn mehrere gleichartige Kraftausübungen mit größerer Häufigkeit vor-



kommen. Wird z.B. in der Spalte 15-30 zweimal eine 3 vergeben, so ist der Gesamtwert auf 4 zu erhöhen.

Gibt es deutliche Differenzen zwischen „rechts“ und „links“, ist es zu vermerken. Eine Unterscheidung zwischen Rechts- und Linkshändern wird nicht vorgenommen, da die Tätigkeit und nicht die Person bewertet wird.

### Beispiel 1

*Porzellanmalerei: Halten einer 870 Gramm schweren Vase mit der linken Hand. Bemalen mit der rechten Hand mit 4 verschiedenen Farben. Sichtkontrolle, Ablegen. Dauer pro Stück 5,1 Minuten. Die Gesamtwichtung ist 4.*

Art der Kraftausübung(en)		Halten			Bewegen				
		Haltedauer [Sek. pro Minute]			Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]				
Höhe *)	Beschreibung, typische Beispiele	60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60
		Wichtung			Wichtung				
<b>sehr gering</b> <20 g <0,2 N	Ausübung von leichtem Druck durch Finger Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen/ Halten / Sortieren	2	1	1	1	1	2	3	3
<b>gering</b> 20 ... 100 g 0,2 ... 1 N	Ausübung von Druck durch Auflage der Hand oder Fingerzuffassung Halten / Materialführung / Fügen	3	2	2	1	2	3	4	4
<b>mittel</b> 100 ... 500 g 1 ... 5 N	Fingerzuffassung Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen	4	3	2	1	2	3	4	-
<b>erhöht</b> 0,5 ... 1 kg 5 ... 10 N	Handzuffassung Drehen / Wickeln / Verpacken	-	-	-	1	2	3	4	5
	Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken	4	3	2	1	2	3	4	-
	Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen	4	3	2	1	2	3	-	-
<b>hoch</b> 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N	Kraftbetonte Handzuffassung Schneiden mit Scheren oder Messern / Benutzung von Zangen oder Hand-Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen	-	4	3	2	3	4	-	-
<b>sehr hoch</b> 2,5 ... 5 kg 25 ... 50 N	Große, manchmal maximale Finger- / Hand-Kräfte	-	-	7	5	7	-	-	-
	Schlagen mit Handfläche oder Faust	-	-	-	3	4	6	8	-

\*) Die Zahlenangaben beziehen sich auf Gewichte [g, kg] und Aktionskräfte [N]. 1kg entspricht 10 Newton.

## Beispiel 2

*Zusammenbau einer Schublade: Einlegen der Seitenwände in Vorrichtung, Klemmvorrichtung spannen, Einlegen und -drücken Boden, Verklammern, Ein-drücken der Vorder- und Rückseite, Klemmvorrichtung spannen, Verschrauben mit Akkuschauber, Einsetzen der Frontblende und Verschrauben, Entnahme, Sichtkontrolle, Ablegen. Dauer 30 s. Die Gesamtwichtung ist 4, da die Gesamthäufigkeit der Handgriffe bei ca. 50 pro Minute liegt.*

Art der Kraftausübung(en)		Halten			Bewegen				
		Haltedauer [Sek. pro Minute]			Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]				
Höhe *)	Beschreibung, typische Beispiele	60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60
<b>sehr gering</b> <20 g <0,2 N	<u>Ausübung von leichtem Druck durch Finger</u> Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen/ Halten / Sortieren	2	1	1	1	1	2	3	3
<b>gering</b> 20 ... 100 g 0,2 ... 1 N	<u>Ausübung von Druck durch Auflage der Hand oder Fingerzuffassung</u> Halten / Materialführung / Fügen	3	2	2	1	2	3	4	4
<b>mittel</b> 100 ... 500 g 1 ... 5 N	<u>Fingerzuffassung</u> Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit <u>der Hand</u> oder kleinen Werkzeugen	4	3	2	1	2	3	4	-
<b>erhöht</b> 0,5 ... 1 kg 5 ... 10 N	<u>Handzuffassung</u> Drehen / Wickeln / Verpacken	-	-	-	1	2	3	4	5
	<u>Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken</u> Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen	4	3	2	1	2	3	4	-
<b>hoch</b> 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N	<u>Kraftbetonte Handzuffassung</u> Schneiden mit Scheren oder Messern / Benutzung von Zangen oder Hand-Tackern / <u>Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen</u>	4	3	2	1	2	3	-	-
	<u>Große, manchmal maximale Finger- / Hand-Kräfte</u> <u>Schlagen mit Handfläche oder Faust</u>	-	4	3	2	3	4	-	-
<b>sehr hoch</b> 2,5 ... 5 kg 25 ... 50 N	<u>Große, manchmal maximale Finger- / Hand-Kräfte</u> <u>Schlagen mit Handfläche oder Faust</u>	-	-	7	5	7	-	-	-
		-	-	-	3	4	6	8	-

\*) Die Zahlenangaben beziehen sich auf Gewichte [g, kg] und Aktionskräfte [N]. 1kg entspricht 10 Newton.

Die Markierungen in der Tabelle dienen zugleich der Tätigkeitsbeschreibung und Dokumentation.

## 2.2 Arbeitsorganisation

*Mit dieser Wichtung werden die Einseitigkeit einer Bewegungsfolge und die eingeschränkten Erholungsmöglichkeiten erfasst. Anhaltende und gleichartige Belastung sowie fehlende Erholung sind eine Ursache für Beschwerden.*

Die Bestimmung der Wichtung der Arbeitsorganisation erfolgt anhand der Tabelle. In der Tabelle nicht genannte Merkmale können sinngemäß berücksichtigt werden. Die in der Tabelle aufgeführten Merkmale dienen als Einstufungshilfe. Da sie in unterschiedlicher Kombination und Intensität auftreten können, würde eine rechnerisch-schematische Zuordnung der Einzelmerkmale zur Wichtungszahl die Möglichkeiten der orientierenden Analyse überschreiten. Die Einstufung ist deshalb entsprechend des Einflusses auf die physische Belastung vorzunehmen.

## 2.3 Ausführungsbedingungen

*Mit dieser Wichtung werden nur die Merkmale der Arbeitsumgebung berücksichtigt, die die Arbeitsausführung behindern und zu einer erhöhten Anspannung führen.*

Zur Bestimmung der Wichtung sind die zeitlich überwiegenden Ausführungsbedingungen zu verwenden.

Die in der Tabelle aufgeführten Merkmale dienen als Einstufungshilfe. Da sie in unterschiedlicher Kombination und Intensität auftreten können, würde eine rechnerisch-schematische Zuordnung der Einzelmerkmale zur Wichtungszahl die Möglichkeiten der orientierenden Analyse überschreiten. Die Einstufung ist deshalb entsprechend der Wirkung auf die physische Belastung vornehmen. Gelegentliche Mängel ohne sicherheitstechnische Bedeutung sollten nicht berücksichtigt werden.

## 2.4 Körperhaltung

*Bei manuellen Arbeitsprozessen überwiegen statische Haltungen von Kopf, Rumpf und Beine („Stativ für Augen und die Hand-Arm-Bewegungen“). Diese statische Haltungsarbeit ist häufig Ursache für Beschwerden im Lenden- und Halswirbelbereich. Mit geringer werdender Bewegungsmöglichkeit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von Beschwerden.*

In der Tabelle wird die Gesamtkörperhaltung erfasst. Die Einstufung berücksichtigt die für die Tätigkeit typischen Körperhaltungen. Gelegentlich abweichende Körperhaltungen werden nicht berücksichtigt.

## 2.5 Hand-Arm-Stellung und -Bewegung

*Bewegungen im mittleren Beweglichkeitsbereich und gelegentliches Ausnutzen der aktiven Bewegung bis zum „Anschlag“ sind unkritisch. Häufigeres Bewegen und Halten von Gelenken am Ende des Bewegungsbereiches können zu Gelenkbeschwerden führen.*

In der Tabelle werden die Hand-Arm-Stellungen und -Bewegungen erfasst. Dabei sind das Bewegungsausmaß und die Häufigkeit zu berücksichtigen. Für die Einstufung ist es hilfreich, wenn die Bewegungen nachvollzogen werden. Das Ende des Bewegungsbereiches von Gelenken wird durch Schmerzwahrnehmung deutlich.

### 3. Schritt: Die Bewertung

*Beschwerden bei manuellen Arbeitsprozessen können vielgestaltig sein. Im Hand-Arm-Schulterbereich typisch sind: Sensibilitätsstörungen, Kribbeln, Schmerzen bei Bewegung und/oder in Ruhe, Kraftverlust, verminderte Geschicklichkeit, Beweglichkeitseinschränkungen. Häufig bestehen zusätzlich Beschwerden im Nacken, in der Lendenwirbelsäule und in den Beinen durch lang dauernde fixierte Körperhaltungen. Eine Prognose über die Art und Wahrscheinlichkeit von Beschwerden ist nur sehr begrenzt möglich, da es weitere, nicht arbeitsbezogene Ursachen gibt.*

Die Bewertung jeder Teiltätigkeit erfolgt anhand eines **teiltätigkeitsbezogenen Punktwertes** (Berechnung durch Addition der Wichtungen der Leitmerkmale und Multiplikation mit der Zeitwichtung).

**Bewertungsgrundlage** ist die Art und Ausprägung der Anforderungen, die an die Beschäftigten gestellt werden. Dabei werden sowohl Häufigkeit, Dauer, Kraft und Körperhaltung als auch die Rahmenbedingungen berücksichtigt. Grundsätzlich gilt, dass mit steigenden Anforderungen auch das Risiko für Beschwerden zunimmt. Hohe Punktwerte sind ein Hinweis auf eine kritische Situation, die die Wahrscheinlichkeit von Beschwerden erhöht.

Eine differenzierte Betrachtung der Wichtungszahlen ermöglicht die Identifikation von belasteten Körperregionen. So ist z.B. eine hohe Wichtung bei der Kraftausübung durch häufiges kraftbetontes Schneiden ein Hinweis auf die erhöhte Belastung der Unterarmmuskulatur und -sehnen. Eine hohe Wichtung durch Schlagen ist ein Hinweis auf mögliche Gefäßschädigungen und eine hohe Wichtung bei der Körperhaltung ist ein Hinweis auf eine mögliche Überbelastung der Rumpfmuskulatur und Wirbelsäule.

**Zusammenfassende Bewertungen** bei mehreren Teiltätigkeiten erfordern eine weitergehende Arbeitsanalyse, um Synergie- und Kompensationseffekte zu berücksichtigen.

#### **Ableitbare Gestaltungsnotwendigkeiten**

Aus dieser Gefährdungsabschätzung sind sofort Gestaltungsnotwendigkeiten und -ansätze erkennbar. Grundsätzlich sollten die Ursachen hoher Wichtungen beseitigt werden.

Bei **Unsicherheiten der Bewertung** sind weitere Analysen erforderlich. Das Beanspruchungsempfinden und/oder gesundheitliche Beschwerden der Beschäftigten sind wichtige Indikatoren der Arbeitsbelastung.

## **7 Externe Anwendungserprobung des Arbeitsentwurfs**

Ein wesentlicher Vorteil der bisher angewendeten LMM HHT und ZS ist, dass sie von den meisten Anwendern leicht verstanden werden. Das betrifft sowohl die „Methodenphilosophie“ als auch die richtige Anwendung. Nachdem im Verlauf der internen Anwendungserprobung deutlich wurde, dass der Entwurf der LMM MA verständlich ist, wurden externe Partner zur Erprobung gewonnen. Während bei den internen Erprobungen durch die Methodenentwickler ein 15-minütiges Briefing vorangestellt wurde, erfolgte die externe Erprobung lediglich auf der Basis von Formblatt und Handlungsanleitung.

Die externe Anwendungserprobung erfolgte mit zwei unterschiedlichen Ansätzen. Zum einen erprobten mehrere Mitarbeiter aus dem Landesamt für Arbeitsschutz Brandenburg den Entwurf an mehreren zufällig ausgewählten Arbeitsplätzen aus verschiedenen Branchen. Zum anderen erfolgte die Erprobung in einem Bereich, der bei der internen Erprobung nicht abgedeckt werden konnte: Landwirtschaft/Gartenbau.

Beide Teilprojekte hatten das Anliegen, Anwendbarkeit in weiteren Arbeitsbereichen, Verständlichkeit, Plausibilität, Konsistenz, Akzeptanz und die Ergebnisse kritisch zu analysieren. Spezielle Prüfkriterien und Zielerwartungen gab es nicht.

### **7.1 Anwendungserprobung durch das Landesamt für Arbeitsschutz**

Karin Schultz, Landesamt für Arbeitsschutz Brandenburg

#### **7.1.1 Ziel der Maßnahme**

Für manuelle Arbeitsprozesse, deren Lastenhandhabung im Bereich der sogenannten kleinen Lasten einzuordnen ist und die durch hohe Bewegungsfrequenzen und/oder hohe Anforderungen an die Gelenkbeweglichkeit gekennzeichnet sein können, fehlen Beurteilungshilfen für die Praxis.

Gemeinsam mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin wurden bisher zwei Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung bei physischen Belastungen erarbeitet, die es Arbeitgebern, Sicherheitsfachkräften, Betriebsärzten und auch Aufsichtskräften gestatten, die Belastung beim Halten, Heben und Tragen (LASI-Veröffentlichung Nr. 9) und beim Ziehen und Schieben von Lasten (LASI-Veröffentlichung Nr. 29) auf einem einheitlichen Niveau zu beurteilen sowie notwendige Gestaltungsmaßnahmen abzuleiten.

Im Vorfeld der Europäischen Woche für Muskel-Skelett-Erkrankungen soll das Methodeninventar nun um ein Verfahren zur Beurteilung manueller Arbeitsprozesse erweitert werden. Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin hat unser Landesamt für Arbeitsschutz gebeten, sich an der Erprobung dieser „Leitmerkmalmethode zur Beurteilung der Belastung bei manuellen Tätigkeiten“ zu beteiligen.

Neben der Anwendbarkeit des Verfahrens in unterschiedlichen Wirtschaftsklassen ist von besonderem Interesse, inwieweit das Verfahren verständlich, praxisnah und zur Beurteilung unterschiedlicher manueller Prozesse geeignet ist.

Die an der Erprobung des Verfahrens beteiligten Unternehmen können die Beurteilungsergebnisse in ihre Gefährdungsbeurteilung aufnehmen und werden über notwendige und wirksame Gestaltungsmaßnahmen zur Belastungsminderung informiert.

### **7.1.2 Durchführung**

Das Projekt ist auf die Größenordnung eines Pilotprojekts beschränkt. Jeder der drei Regionalbereiche benennt bis Ende April 2006 mindestens 10 Unternehmen, in denen manuelle Tätigkeiten wie z.B. Montieren, Sortieren, Verpacken ausgeführt werden. Den zuständigen Mitarbeitern in den Regionalbereichen wird freigestellt, nur den Kontakt mit den Unternehmen herzustellen oder die Erprobung vor Ort zu begleiten.

Die manuellen Tätigkeiten vor Ort werden von ausgewählten Mitarbeitern des Dezernats Z 3 beurteilt. Als Beurteilungsgrundlage dient der Entwurf 2005/4 der Leitmerkmalmethode zur Erfassung der Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen (Anhang 1). Im Vorgespräch der Erprobung werden Unsicherheiten in der Anwendung der Methode deutlich. Deshalb findet außerplanmäßig ein Anwendungstraining anhand von Videobeispielen statt.

In Abstimmung mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin wird ein Bogen zur Dokumentation der Anwendererfahrungen erarbeitet.

Im Zeitraum vom Juni bis Oktober werden in insgesamt 21 Unternehmen unterschiedlicher Wirtschaftsklassen 48 Arbeitstätigkeiten beurteilt, Anwendererfahrungen dokumentiert und soweit das Unternehmen keine Einwände hat, die Arbeitstätigkeiten fotografiert.

In drei Fällen ist die Tätigkeit wegen der Größenordnung der zu handhabenden Lasten eher mit der Leitmerkmalmethode zum Heben und Tragen von Lasten zu bewerten, so dass die Beurteilung von 45 Arbeitstätigkeiten in diese Anwendungserprobung einfließen kann (Tab. 7.1).

### **7.1.3 Ergebnisse**

#### Anwendererfahrungen

In 21 Unternehmen unterschiedlicher Wirtschaftsklassen wird die Leitmerkmalmethode zur Beurteilung der physischen Belastung angewandt und werden Anwenderhinweise gesammelt.

#### Allgemeine Hinweise zum Arbeitsblatt

Der Zeitaufwand zur Beurteilung ist abhängig von der Kontinuität der Tätigkeit. Manuelle Tätigkeiten sind häufig von einem hohen Wiederholungsgrad geprägt, so dass durchschnittlich 15 bis 20 Minuten Beobachtungszeit pro Arbeitsplatz zur Beurteilung ausreichen.

In der Kopfzeile des Arbeitsblatts fehlt Platz für Notizen, um die Teiltätigkeit zu nennen und kurz zu erläutern.

In der folgenden Übersicht sind alle Hinweise der Anwender jeweils dem Leitmerkmal zugeordnet aufgeführt. Doppeltennungen sind möglich.

### **Leitmerkmal Zeit**

1. Einordnungsschwierigkeiten gibt es, wenn Handhabungen über gesamte Schicht gleich sind und nur die Gewichte differieren.
2. Einordnungsschwierigkeiten gibt es, wenn die Tätigkeit aus vielen, nicht immer gleich ablaufenden Einzeltätigkeiten besteht.
3. Die Gesamtdauer der Schicht sollte besser in Stunden angegeben werden. Die Kategorien entsprechen jetzt auch schon 2, 2 bis 3, 3 bis 4, 4 bis 5 und 5 bis 6 Stunden.
4. Einordnungsschwierigkeiten gibt es, wenn kontinuierliche Tätigkeiten kurz unterbrochen werden, z.B. zum Material holen, Spachteln etc. Wie fließen diese Unterbrechungen in die Bewertung ein?
5. Es wird zeitweise mit links, dann wieder mit rechts sortiert, in der Tischlerei mit links oder rechts geschliffen. Sind die Belastungszeiten zu halbieren?
6. Sollen einarmige oder beidarmige Belastungen unterschiedlich berücksichtigt werden?
7. In der Tabelle „Zusatzinformationen“ sollte für die Frage nach zyklischer Tätigkeit eine Ja/Nein Ankreuzmöglichkeit geschaffen werden.
8. Bei der Tabelle über „Zusatzinformationen“ gab es Definitionsprobleme zur Gliederung einer Tätigkeit. Hat eine Teiltätigkeit mehrere Bewegungszyklen oder bilden mehrere Teiltätigkeiten einen Zyklus (siehe auch Handlungsanleitung zum Arbeitsblatt)?
9. Die „Zusatzinformationen“ enthalten Fragen zum Anteil zyklischer Tätigkeit und zum Anteil kontinuierlicher Arbeitszeit an der Schicht. Weniger Fehlermöglichkeiten hat der Anwender, wenn die Dauer der zyklischen Tätigkeit und die Dauer der kontinuierlichen Tätigkeit und nicht jeweils der prozentuale Anteil gefragt wären.

### **Leitmerkmal Kraftausübung**

10. Eine hohe Handhabefrequenz bzw. hohe Arbeitsgeschwindigkeit wirkt sich gleich auf 2 Leitmerkmale aus: die Körperhaltung und die Arbeitsorganisation.
11. Wenn in der Teiltätigkeit alles vorkommt, Fingerzufassung, Handzufassung und kraftbetonte Handzufassung, wie ist zu verfahren?
12. Die Kategorie Fingerzufassung über 500 g fehlte (Beispiel nasse Wäsche ist schwerer als 500 g).
13. Wie ist es zu bewerten, wenn die kontinuierliche Tätigkeit aus Halten und Bewegen besteht?
14. Zwischen Halten und Bewegen besteht ein nahtloser Übergang, der schwer zu trennen ist.
15. Im Möbelwerk kamen Handzufassungen vor, die mehr als 1 kg Masse hatten.

16. Die Punktwichtung in der Tabelle Halten sinkt in Leserichtung, die in der Tabelle Bewegungen steigt in Leserichtung. Ergonomisch wäre eine einheitlich aufsteigende Bewertung in Leserichtung.
17. Die Bezeichnung "Art der Kraftaufwendung" trifft nicht den Kern. Spätestens in der Bewertung fragt man sich, wie dieser Punktwert, der fast der höchste von allen ist, entstanden sein kann, wenn bei dieser Tätigkeit kaum Kraft ausgeübt wird. Vorschlag: „Belastung der Hände“
18. Wenn die Möglichkeit besteht, individuell und jederzeit zu wechseln, lassen sich unterschiedliche Tätigkeiten beider Hände schlecht bewerten (Arbeitshand/Halterhand).
19. Die Zuordnung zu Halten oder Bewegungen ist problematisch.
20. Ein Schleifgerät wird gleichzeitig gehalten und bewegt. Wie ist das zu bewerten?

#### **Leitmerkmal Arbeitsorganisation**

21. Eine hohe Handhabefrequenz bzw. Arbeitsgeschwindigkeit wirkt sich gleich auf 2 Leitmerkmale aus, die Körperhaltung und die Arbeitsorganisation.

#### **Leitmerkmal Ausführungsbedingungen**

22. In die Rubrik "eingeschränkt" sollte Vibration aufgenommen werden (Schwingungen beeinträchtigen die Bewegung).
23. Der Zwischenwert 0,5 wurde mehrfach zur Beurteilung verwendet und ist sinnvoll?
24. Das Tragen von AS-Kleidung wie Brillen oder Kleidung fehlt als Kriterium.
25. Schlechte Allgemeinbeleuchtung und Staub sollten berücksichtigt werden.
26. In die Rubrik "eingeschränkt" sollten Vibration und Staub aufgenommen werden.
27. An zwei Stellen ist z.B. einzufügen: Konzentrationsstörungen z.B. durch Geräusche, schlechte Greifbarkeit z.B. durch grobe Handschuhe.

#### **Leitmerkmal Körperhaltung**

28. Die Kategorie "eingeschränkt" trifft es nicht ganz. Neuer Vorschlag für die Kategorien: Gesund, beeinträchtigt, ungesund/schlecht.
29. In die Kategorie „schlecht“ ist gebückte Haltung aufzunehmen.
30. Das dynamische Sitzen in der Kategorie "Gut" muss als ein Bild dargestellt werden. Ansonsten stehen vier Körperhaltungen alternativ nebeneinander, wobei die Körperhaltungen 2, 3 und 4 als dauernde Körperhaltungen nicht die Bewertung "gut" verdient hätten. Vorschlag: Die drei Haltungen, die das dynamische Sitzen symbolisieren werden eingerahmt.
31. Bei manuellen Tätigkeiten, insbesondere bei Tätigkeiten mit hohen Sehanforderungen, Anforderungen an die Konzentration und Zeitdruck sollte "Sitzen" besser bewertet werden als "Stehen".



### Leitmerkmal Hand-Arm-Stellung

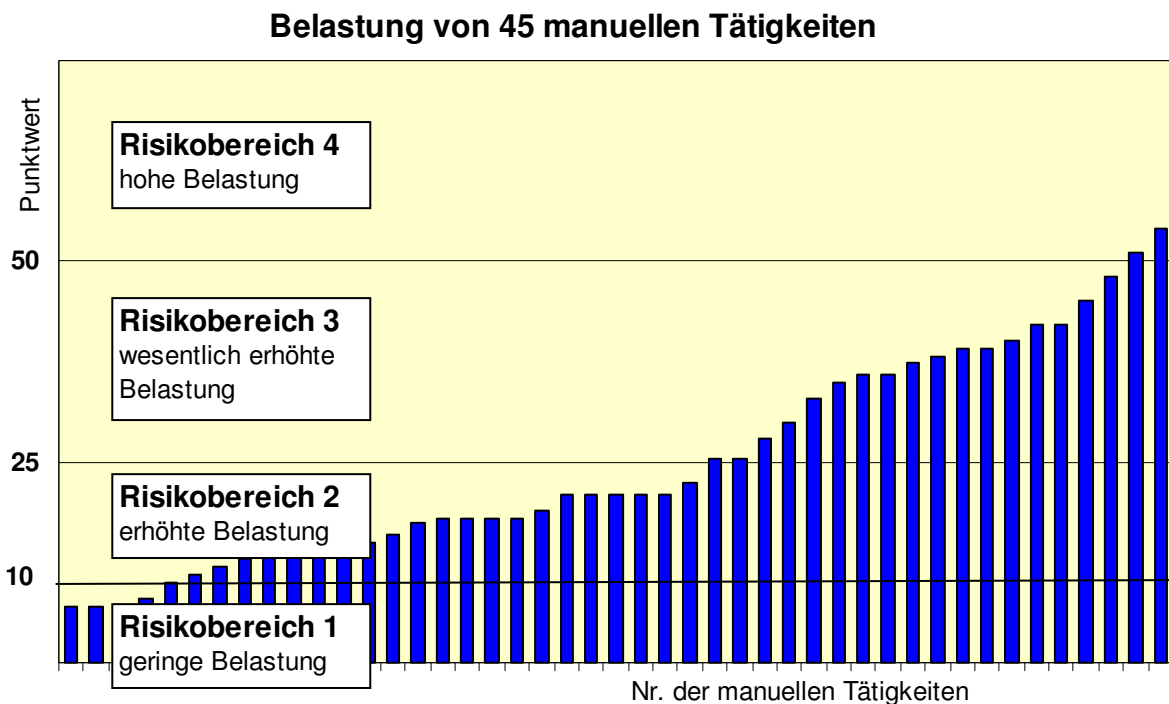
32. Abbildungen helfen ausgezeichnet bei der Einordnung.

Üblicherweise endet eine Erprobung mit Anwenderhinweisen zur Methode. Für die Methodenentwickler ist darüber hinaus von Interesse, an welchen Tätigkeiten die Methode angewandt wurde und welche Schlüsse sich aus den Bewertungsergebnissen ziehen lassen. Deshalb wird im Folgenden kurz auf die Beurteilungsergebnisse eingegangen.

#### Beurteilungsergebnisse

Bei den 45 untersuchten Arbeitstätigkeiten handelt es sich um ganz unterschiedlich belastende manuelle Tätigkeiten. Etwas mehr als die Hälfte der untersuchten Tätigkeiten ist der Belastungsstufe „gering“ oder „erhöht“ zuzuordnen. Eine Größenordnung der Belastung, die als eher unbedenklich einzustufen ist und bei der noch keine Gestaltungsmaßnahmen zur Minderung der Belastung erforderlich werden.

17 der 45 manuellen Tätigkeiten sind dem Risikobereich 3 und zwei dem Risikobereich 4 zuzuordnen. Hier sind Gestaltungsmaßnahmen zur Minderung der Belastung angezeigt bzw. dringend erforderlich (Abb. 7.1).



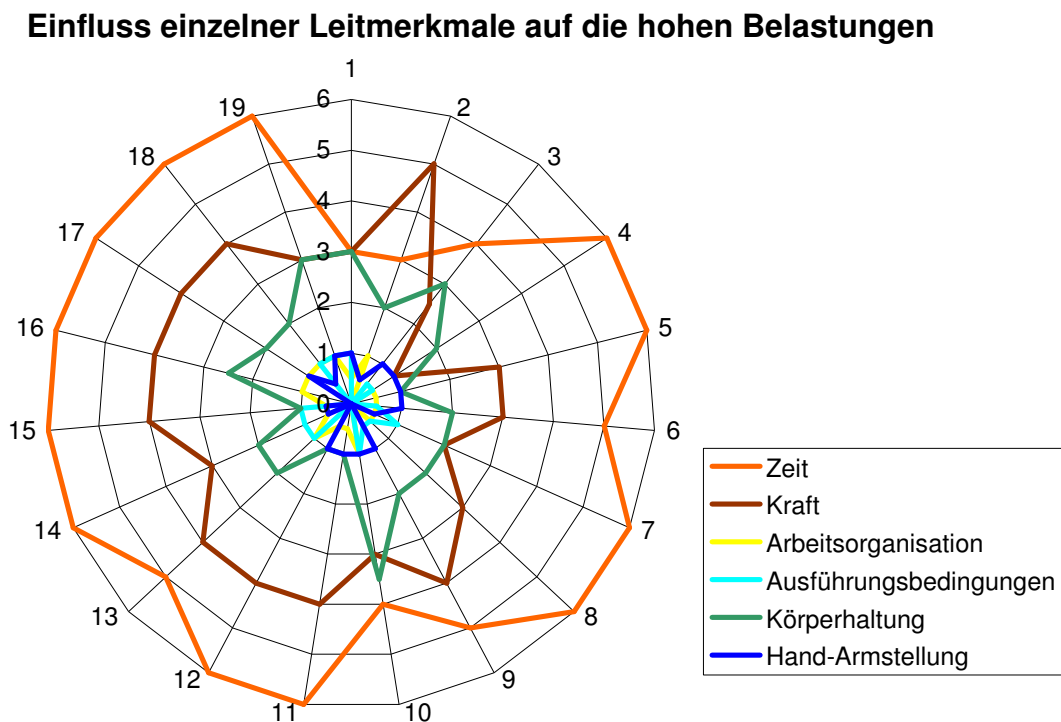
**Abb. 7.1** Mehr als die Hälfte der manuellen Tätigkeiten sind den Risikobereichen 1 und 2 zuzuordnen und erfordern keine belastungsmindernden Maßnahmen. Für die Belastungen der Risikobereiche 3 und 4 sind Gestaltungsmaßnahmen angezeigt bzw. erforderlich.

Leitmerkmale helfen bei der Beurteilung einer Tätigkeit, keinen der Einflussfaktoren außer Acht zu lassen. Sie gehen entsprechend ihrer Relevanz gewichtet in die Belastungsbeurteilung ein, wobei dem Leitmerkmal Zeit eine besondere Bedeutung beigemessen wird. Für die Erprobung ist nun von Interesse, ob die theoretisch vorgegebenen Wichtigkeitsstufen geeignet sind, praktische Tätigkeiten angemessen zu bewerten.

Betrachtet man nur die 19 manuellen Tätigkeiten, die einer wesentlich erhöhten oder hohen Belastung zugeordnet werden müssen, so stellt sich heraus, dass die Leitmerkmale in der Reihenfolge Zeit, Kraft, Körperhaltung, Hand-Arm-Stellung und Ausführungsbedingungen/Arbeitsorganisation die Höhe der Belastung bewirken (Abb. 7.2).

Im Diagramm wird deutlich, dass in keinem der 19 Fälle die Art der Kraftausübung schlechter als 5, die Körperhaltung schlechter als 3,5 bewertet wurde, obwohl die Leitmerkmalermethode Wichtungen bis 8 bzw. 4 vorsieht.

Außerdem ist erkennbar, welche Tätigkeit auf Grund ihrer Kombination aus Körperhaltung, Zeit und Kraft sowie Gelenkstellung als belastend eingestuft wird (z.B. Nr. 1) und welche Tätigkeit fast nur wegen des hohen Wiederholungsgrads, des Leitmerkmals „Zeit“ (z.B. Nr. 4 und 7) gestaltungsbedürftig ist.



**Abb. 7.2** Leitmerkmale haben in der Reihenfolge Zeit, Kraft, Körperhaltung, Hand-Arm-Stellung und Ausführungsbedingungen/Arbeitsorganisation Einfluss auf die Höhe der Belastung<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bitte beachten Sie, dass dieses Diagramm nur als Farbausdruck verständlich ist.

### 7.1.4 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Methode ist grundsätzlich zur Beschreibung der Belastung durch manuelle Tätigkeiten geeignet. Sie hilft Aufsichtskräften, Betriebsärzten und Sicherheitsfachkräften die wichtigsten ergonomischen Kriterien (Leitmerkmale) zu hinterfragen und günstige von ungünstigeren objektiven Bedingungen zu unterscheiden.

Ein besonderer Vorteil der Leitmerkmalmethoden ist der Hinweis auf Gestaltungsansätze zur Belastungsminderung. Ebenso ist es möglich, unterschiedliche Gestaltungsideen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Belastung bereits im Vorfeld einer Gestaltungsmaßnahme zu vergleichen.

Für die Einschätzung des gesundheitlichen Risikos im Einzelfall ist das Verfahren allerdings ungeeignet.

### 7.1.5 Interne Auswertung

Die Zusammenarbeit aller am Projekt beteiligter Mitarbeiter war ausgesprochen kooperativ.

**Tab. 7.1** Beurteilungsergebnisse

lfd. Nr.	Zeit	Kraft	Arbeitsorganisation	Ausführungsbedingung	Körperhaltung	Hand-Arm-Stellung	Punktwert
1	6	1	0	0	2	0	18
2	6	1	0	0	1,5	0	15
3	6	2	0	0,5	0,5	0	18
4	6	1	0,5	0	2	0	21
5	6	1	0	0	2	0	18
6	6	4	1	1	2	0,5	51
7	6	2	0,5	1	2	0,5	36
8	6	3	0,5	1	2	0,5	42
9	6	3	0,5	0,5	2	0	36
10	3	1	0,5	0,5	2	0	12
11	2	2	0	0,5	1	0,5	8
12	2	3	1	0,5	3	0,5	16
13	2	3,5	1	0,5	2	0,5	15
14	2	3	0,5	0,5	1,5	1	13
15	2	2	0,5	0,5	0,5	0	7
16	2	2	0	0,5	0,5	0,5	7
17	2,5	2	0	1	1,5	1	13,75
18	2	2	0,5	1	1	1	11
19	4	2,5	0	0,5	3	1	28
20	4	1	0	0	1	0,5	10
21	5	3	0,5	0,5	2	1	35
22	3	2	0,5	1	3	1	22,5
23	3	4	0,5	0,5	1	1	21
24	6	3	0,5	0	1	1	33

**Tab. 7.1** (Fortsetzung)

lfd. Nr.	Zeit	Kraft	Arbeitsorganisation	Ausführungsbedingung	Körperhaltung	Hand-Arm-Stellung	Punktwert
25	6	1	0,5	0,5	2	1	30
26	2	4	0,5	1	3	1	19
27	3	3	0,5	1	3	1	25,5
28	5	4	0	0,5	2	1	37,5
29	6	3	1	1	3	1	54
30	3	3	0,5	0,5	1	1	18
31	1	3	0,5	0,5	2	1	7
32	6	2	0,5	0	1	0	21
33	6	2	0,5	0	1	0	21
34	5	3	0,5	0	0	0	17,5
35	4	3	1	1	3,5	1	38
36	3	2	0,5	0	2	0	13,5
37	3	2	0,5	0	2	0	13,5
38	3	3	1	0	2	1	21
39	6	4	1	0	2	1	48
40	6	4	1	0	2,5	0	45
41	3	5	1	0	2	0,5	25,5
42	6	4	0,5	0	1	1	39
43	6	4	0,5	0	1	1	39
44	5	4	1	1	2	0	40
45	6	4	0,5	1	1	0,5	42

## 7.2 Anwendungserprobung im Bereich Landwirtschaft

M. Jakob, ATB Potsdam

### 7.2.1 Rahmenbedingungen manueller Tätigkeiten in der Landwirtschaft

Tätigkeiten in der Landwirtschaft und besonders im Gartenbau sind trotz fortschreitender Mechanisierung und Industrialisierung auch aktuell noch durch hohe physische Anforderungen gekennzeichnet. Zu den typischen Belastungen zählen körperlich schwere Arbeiten, ungünstige Körperhaltungen, Heben und Tragen schwerer Lasten, Klimaeinwirkungen und Lärm. Neben physischen Anforderungen steigen auch die psychischen Anforderungen unter anderem bedingt durch sich ändernde Wettbewerbsbedingungen für die Betriebe. Das Preis-Kostenverhältnis hat sich in den letzten Jahren zu Lasten der Landwirte verschlechtert, d.h. die Erzeugerpreise sinken und die Betriebsmittelpreise steigen.

Die Inhomogenität und Empfindlichkeit gartenbaulicher Produkte erschweren die Mechanisierung von Ernte- und Aufbereitungsverfahren bzw. machen sie im Verhältnis zum zu erzielenden Erlös sehr kostenintensiv. Besonders in kleinen, aber auch in mittleren und großen Betrieben erfolgen noch große Teile der Arbeiten von Hand oder in teilmechanisierten Prozessen. Die Lohnquoten sind in diesen Bereichen hoch, das Arbeitsaufkommen ist stark schwankend. Charakteristisch für Arbeiten in der Landwirtschaft ist weiterhin die Tatsache, dass sich die Produkte oft im oder am Erdboden befinden, was die ungünstigen Körperhaltungen erklärt. Das betrifft z.B.

die Handernte von Spargel, Erdbeeren, Einlegegurken oder Feldsalat. Der Zeitaufwand für die Ernte von Spargel liegt bei rund 1000 Stunden pro Hektar, bei Einlegegurken sogar bei 2000 Stunden pro Hektar. Im Jahr 2004 wurden auf rund 20.000 Hektar Spargel angebaut, so dass allein für die Ernte etwa 20 Millionen Arbeitskraftstunden geleistet wurden. Wendet man für diese Tätigkeit die neue Leitmerkmalmethode an, so erreicht ein Spargelstecher ab einer Arbeitszeit von mehr als sechs Stunden täglich in jedem Fall den Risikobereich vier. Üblich sind Arbeitszeiten von 8-10 Stunden pro Tag, sieben Tage in der Woche.

Die aktuellen Rahmenbedingungen im Produktionsgartenbau erfordern einen effizienteren Einsatz des Faktors Arbeit sowie eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Laut Arbeitsschutzgesetz ist der Arbeitgeber verpflichtet, die Arbeitsbedingungen zu beurteilen, um die Gefährdung seiner Angestellten möglichst gering zu halten. Gefährdungsbeurteilungen dienen dem Erkennen, Bewerten und Beseitigen der Ursachen von Arbeitsunfällen und Gesundheitsbeeinträchtigungen infolge der beruflichen Tätigkeit.

Gemäß der neuen Leitmerkmalmethode ist neben der Körperhaltung auch die Bewegungshäufigkeit einer der wesentlichen Einflussfaktoren auf die Belastung. Auch an dieser Stelle ist die Nahrungsmittelproduktion gekennzeichnet durch hohe Wichtigkeitsfaktoren. Nur noch die technisch zu aufwändigen oder zu teuren Prozesse werden von Hand erledigt. Die Arbeitskräfte finden sich häufig an einer Schnittstelle zu vor- oder nachgelagerten maschinellen Prozessen, was vor allem die Arbeitsorganisation nachteilig beeinflusst. Die Arbeitskraft unterliegt dem Takt der Maschine, kann die Pausen nicht frei wählen und muss hohen Leistungsanforderungen gerecht werden. Weiterhin sind die eingerichteten Handarbeitsplätze oft auf geringem ergonomischem Niveau konzipiert. Die Temperaturführung wiederum wird eher an das Produkt angepasst als an die Bedürfnisse der Arbeitskräfte. Das Arbeitsaufkommen ist stark saisonabhängig, die Arbeitszeiten sind in saisonalen Spitzenzeiten sehr lang, so dass der Zeitwichtungsfaktor einen hohen Einfluss auf die Zuordnung zum Risikobereich hat.

## 7.2.2 Anwendungsbeispiele

### Handernte von Bleichspargel

Spargel wird in Dämmen von 30-40 cm Höhe angebaut. Er ist zu stechen, sobald die Spitze die Dammoberfläche durchbricht. Die Dämme sind meistens mit Plastikfolien abgedeckt, um den Ertrag zu steuern und die Ware vor Licht zu schützen. Die zu erntende Stange wird mit der linken Hand mit ein bis drei Griffen freigelegt und dann mit dem Stechmesser in der rechten Hand kraftvoll abgestochen. Dies erfordert ein bis drei Versuche, ist aber stark vom Geschick und der Übung des Stechers abhängig. Ein geübter Stecher kann in Abhängigkeit vom Ertrag und Wuchs stündlich etwa 300 Stangen ernten. Nach dem Abstechen der Stange wird diese mit der linken Hand vorsichtig herausgezogen und in einen Transportbehälter gelegt. Danach bewegt sich der Stecher zur nächsten Stange. Oft stehen die Stangen dicht beieinander.



**Abb. 7.3** Handernter Spargelstechen

**Tab. 7.2** Wichtungen der Handernter Spargelstechen

Dynamische Kraftausübung, ca. 10mal/Minute bezogen auf das Stechen, erhöhter Kraftaufwand, da mit einem Handwerkzeug gearbeitet wird	2
Enge Taktbindung, sehr hohes Arbeitstempo, Leistungslohn	1
Je nach Wetterlage kalt, nass, sehr heiß, schmutzig	1
Rumpf stark vorgeneigt, beim Folienhandling dazu verdreht	4
Häufiges körperfernes Greifen in der Rumpfbeuge	1
Summe	9

Multipliziert mit der Zeitwichtung ergeben sich bereits bei mehr als sechs Stunden am Tag, die an der unteren Grenze der Regelarbeitszeit liegen, Punktwerte im Risikobereich vier.

### **Teilmechanisierte Gurkenernte**

Über einen Zeitraum von drei Monaten werden die auf dem Boden wachsenden Gurken regelmäßig geerntet. Bereits Ende der 1960er Jahre wurde hierfür der so genannte „Gurkenflieger“ entwickelt, bei dem die Erntehelfer auf einer Liegefläche in Bauchlage über den Bestand gefahren werden. Diese Technik wurde damals als große Arbeitserleichterung empfunden und gut angenommen. Je nach Witterung wird 2-3mal pro Woche geerntet, pro Erntetag etwa 8-10 Stunden und bis zu 2,5 Stunden am Stück. Die Stundenleistung liegt bei kleineren Sortierungen bei 1200-1700 Stück.



**Abb. 7.4** Pflücken von Gurken - teilmechanisiert

**Tab. 7.3** Wichtungen Pflücken von Gurken - teilmechanisiert

Dynamische Kraftausübung, ca. 25mal/Minute, geringer Kraftaufwand	3
Kaum Handlungsspielraum, hohes Tempo, kein Ortswechsel möglich	0,5
Schutz vor Sonne, Regen, etc., eingeschränkte Bewegungsfreiheit, Lärm vom Zugfahrzeug	0,5
Ausschließlich Liegen, eingeschränkte Bewegungsfreiheit	1
Greifen über Schulterhöhe beim Ablegen der Gurken	1
Summe	6

Mit einem Zeitwichtungsfaktor von 8 ergibt sich für das Pflücken von Gurken auf dem Gurkenflieger eine Eingruppierung in den Risikobereich drei. Die Belastung ergibt sich daher vor allem aus der Dauer und der hohen Pflückleistung.

#### **Vereinzelung von Kirschen am Förderband**

In Kombination mit einer Sortiertechnik über weichende Walzen müssen die zusammenhängenden Kirschen vereinzelt werden. Diese werden auf einem 35 cm breiten und mit regelbarer Geschwindigkeit zu fahrenden Förderband von links nach rechts oder umgekehrt an einer Gruppe von mehreren Arbeitskräften vorbei geführt. Der Fruchtstrom ist im Vorbeifließen zu kontrollieren, und alle zusammenhängenden Früchte sind zu trennen, ohne dabei den Stiel zu entfernen. Der Arbeitsaufwand hängt stark von der gelieferten Qualität ab. Die Bandgeschwindigkeit wird vom Vorarbeiter geregelt. Wenn keine Vereinzelung notwendig ist, kann die Arbeitskraft ausschließlich die Qualität überprüfen. Die Arbeitskräfte verrichten die Arbeit ausschließlich im Stehen.



**Abb. 7.5** Vereinzelung von Kirschen am Förderband

**Tab. 7.4** Wichtungen Vereinzelung von Kirschen am Förderband

Dynamische Bewegung, sehr häufig bei geringem Kraftaufwand	3
Pausen nur mit Springer, hohes Arbeitstempo, wenig Bewegungen	1
Kälte, Nässe, Lärm, Band läuft ruckartig	1
Arbeit nur im Stehen	2
Optimaler Greifraum	0
Summe	7

Bis zu einem Zeitfaktor von sieben läge die beschriebene Tätigkeit im Risikobereich drei. Die Einführung von Stehhilfen könnte die Einschätzung um zwei Punkte verringern, so dass bis zu einer täglichen Arbeitszeit von sechs Stunden eine Eingruppierung in den Risikobereich zwei erfolgen würde.

### **Melken**

Das Melken macht einen Großteil der täglichen Arbeit in dem Milchviehbetrieb aus und wird in der Regel vom Melker erledigt. Mit dem Wandel der Haltungssysteme hat sich auch die Belastung verändert. Früher musste viel gehoben und getragen werden, das Melken erfolgte in ungünstigen Körperhaltungen zwischen den angebundenen Kühen. Heute domieren die Melkstände, die zu den Melkzeiten von den Kühen aufgesucht werden. Der Melker muss keine Milchkanne mehr tragen. Er kontrolliert die Eutergesundheit und setzt die Melkeinheit an. Die Arbeitsproduktivität, die Dauer der wöchentlichen Arbeitszeit für das Melken sowie die Zahl der gemolkenen Kühe pro Arbeitskraft sind stark gestiegen. Laut Arbeitsunfähigkeitsdaten kommt es dennoch vermehrt zu krankheitsbedingten Ausfällen unter Melkern.





**Abb. 7.6** Melken

**Tab. 7.5** Wichtungen Melken

Statische Haltearbeit, ca. 3 kg	3
Hohes Arbeitstempo, geringer Handlungsspielraum	0,5
Geräusche, Nässe und Verschmutzung	0,5
Ausschließlich Stehen, Rumpf leicht nach vorn geneigt und verdreht	2
Häufiges körperfernes Greifen	1
Summe	7

Die tägliche Arbeitszeit von Melkern liegt bei etwa sechs Stunden. Das Produkt aus der Summe der Bewertungspunkte und der Zeitwichtung liegt beim Melken im Risikobereich drei.

**Tab. 7.6** Vergleich der Beispiele

	Spargel- ernte	Gurkenernte	Sortieren	Sortieren m. Stehhilfe	Melken
Kraftausübung	2	3	3	3	3
Arbeitsorg.	1	0,5	1	1	0,5
Ausführungsbed.	1	0,5	1	1	0,5
Körperhaltung	4	1	2	0	2
Hand-Arm- Stellung	1	1	0	0	1
Risikobereich	$\sum 9 \times 6 = 54$	$\sum 6 \times 8 = 48$	$\sum 7 \times 5 = 35$	$\sum 5 \times 5 = 25$	$\sum 7 \times 5 = 35$

### **7.2.3 Bewertung der Anwendbarkeit der Methode in der Landwirtschaft**

Als unbedingte Voraussetzung für die Anwendbarkeit der Methode ist eine gute Kenntnis der Arbeitstätigkeit genannt. Ist diese Voraussetzung erfüllt, ist auch die Anwendung der Leitmerkmalmethode für Arbeiten in der Landwirtschaft gut durchführbar. Um die Bewegungshäufigkeit exakt zu ermitteln, ist die Kenntnis durchschnittlicher Leistungen von großem Interesse. Die Zuordnung der Wichtungen in der Kategorie Arbeitsorganisation und Ausführungsbedingungen ist nicht immer eindeutig vorzunehmen, so dass sich Schwankungen von etwa ein bis zwei Punkten für die Summe der Leitmerkmale ergeben können. Es ist daher ratsam, eventuelle Begründungen für die Zuordnung zu notieren.

Der Anwendungsbereich Landwirtschaft ist vor allem durch extreme Körperhaltungen gekennzeichnet, diese werden im Bildteil zur Einstufung nicht dargestellt. Bei verstärkter Anwendung der Methode wäre eine Anlage mit für die Landwirtschaft typischen Körperhaltungen wünschenswert.

Die ausgewählten Tätigkeitsbeispiele lagen in der endgültigen Bewertung im Risikobereich drei und vier, was die Aussage einer hohen bzw. wesentlich erhöhten Belastung für Beschäftigte in der Landwirtschaft bestätigt. In einem Beispiel konnte gezeigt werden, dass eine einfache ergonomische Verbesserung (Einführung einer Stehhilfe) bereits ausreicht, um den Bereich der wesentlich erhöhten Belastung zu verlassen, sofern die Schichtlänge sechs Stunden nicht überschreitet. Typisch für die Beschäftigten in der Landwirtschaft sind auch saisonal stark schwankende Arbeitszeiten. Die Bewertungen im Bereich der Ernte und Aufbereitung von Produkten sind daher an die jeweiligen Schichtlängen anzupassen. Die Arbeit in der Milchwirtschaft hingegen ist jeden Tag im Jahr zu erledigen, die Schichtlängen sind hier ähnlich lang.

Insgesamt ist die neue Leitmerkmalmethode einfach zu erlernen, visuell bzw. deskriptiv gut aufbereitet und für eine erste Einschätzung im Betrieb geeignet.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Bericht ist die Erarbeitung der Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse dargestellt. Es war ein mehrjähriger Prozess; beginnend mit der Auswertung der Literatur, über die vergleichende Analyse vieler anderer Methoden, über die Begründung eines Arbeitsentwurfs, bis hin zur gemeinsamen Testung und Vereinbarung eines publikationsfähigen Entwurfes für die Breitenerprobung.

Als besondere Probleme erwiesen sich die nahezu unüberschaubare Vielfalt an Publikationen, die dieses Thema berühren, und die vielen Faktoren, die zu Beschwerden der oberen Extremitäten führen können. Dabei besteht ein komplexes Ursache-Wirkungsgeflecht. Repetitive Arbeit und Beschwerden sind zwar die zentralen Teile, sie werden aber durch Arbeitsorganisation, Entlohnung, psychosoziale Bedingungen sowie wirtschaftliche, individuelle und andere Faktoren beeinflusst.

Ein wesentlicher Teil der Vorarbeiten war deshalb die Strukturierung der verfügbaren Informationen und methodischen Ansätze. Es wurden tätigkeitsbezogene, unternehmensspezifische und individuelle Merkmale getrennt. Da die Leitmerkmalmethoden zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen dienen, wurden nur die tätigkeitsbezogenen Merkmale berücksichtigt. Damit ist eine Beurteilung der Arbeitsbelastung möglich. Das Ergebnis ist die Darstellung der Belastungsfaktoren und deren Ausprägung. Berücksichtigt werden:

- Dauer der zu beurteilenden Teiltätigkeit,
- Art, Höhe, Dauer/Häufigkeit der Kraftausübung,
- Arbeitsorganisation,
- Arbeitsumwelt,
- Körperhaltung und
- Hand-Arm-Stellung und -Bewegung.

Mit einer zusammenfassenden Bewertung kann ein Punktwert gebildet werden, der für eine durchschnittliche, eingearbeitete Beschäftigtenpopulation den Grad der Wahrscheinlichkeit von physischen Überbeanspruchungen angibt. Für die Abschätzung des Risikos der Überbeanspruchung und von Beschwerden müssen konkrete individuelle und unternehmensbezogene Faktoren berücksichtigt werden.

Der Entwurf der Leitmerkmalmethode wurde in einem Erprobungsprogramm getestet. Daran beteiligt waren 28 Unternehmen aus verschiedenen Branchen und 53 Personen aus Unternehmen, Unfallversicherungen, Landesämtern für Arbeitsschutz und wissenschaftlichen Einrichtungen. Bei der vergleichenden Testbeurteilung von 112 Tätigkeiten wurde der Entwurf weiterentwickelt. Die allgemeine Anwendbarkeit der Methode, die Plausibilität der Beurteilungsergebnisse und die grundsätzlich positiven Einschätzungen der Beteiligten erlaubten eine weitere Erprobung durch potenzielle Anwender ohne methodische Begleitung. Da auch diese Testergebnisse positiv waren, wurde der Entwurf zur Breitenerprobung veröffentlicht.

Mit der Leitmerkmalmethode Heben, Halten, Tragen wird seit über zehn Jahren, mit der Leitmerkmalmethode Ziehen, Schieben seit 6 Jahren zufriedenstellend gearbeitet. Die nunmehr dritte Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse ergänzt die Möglichkeiten zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen für eine weitere Form der physischen Belastung. In vielen Unternehmen sind die Beurteilungsergebnisse Ausgangspunkt für die korrektive und zunehmend auch prospektive Arbeitsgestaltung. Eine häufige präventive Maßnahme ist der Tätigkeitswechsel bei einseitigen Belas-

tungen. Daraus ergeben sich zwei oder mehr Belastungsarten, die mit den Leitmerkmalmethoden beurteilt werden können. Die arbeitstägliche Gesamtbelastung bei Misch Tätigkeiten kann aber nicht beurteilt werden. Der Bedarf aus der Praxis an einer solchen Beurteilungsmethode ist hoch.

Aufgrund der guten Anwendungserfahrungen mit den eingeführten Methoden und den hoffnungsvollen Testergebnissen der Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse wird derzeit ein Gesamtsystem Leitmerkmalmethoden konzipiert. Geplante Bestandteile sind ergänzende Leitmerkmalmethoden für

- Körperhaltungen mit Aktionskräften, die im Verhältnis zur Haltungskraft nur gering oder selten sind (Stehen, Sitzen, Hocken, Liegen, Knien),
- Bewegungen ohne wesentliche Aktionskräfte und Lasten (Laufen, Steigen, Klettern, Kriechen) und
- hohe Aktionskräfte ohne Lastenhandhabung.

Auf der Grundlage der jeweiligen Einzelbeurteilung soll eine ganzheitliche Beurteilung unter Berücksichtigung der differenzierten Beanspruchungsmerkmale sowie synergetischer und kompensatorischer Effekte möglich sein.

## 9 Literatur

**Aarås, A.; Horgen, G.; Bjørset, H.-H.; Ro, O.:** Relationship Between Visual Discomfort and Musculoskeletal Illness for VDU (Visual Display Unit) Operators? Proceedings of the Conference WWDU 2002 World Wide Work - May 22-25. Berchtesgaden 2002

**Aarås, A.; Horgen, G.; Bjørset, H.-H.; Ro, O.; Thoresen, M.:** Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in VDU operators before and after multidisciplinary ergonomic interventions. *Appl. Ergonom.* 29 (1998), 5, 335-354

**Aarås, A.:** Relationship between trapezius load and the incidence of musculoskeletal illness in the neck and shoulder. *Int. J. Ind. Ergonom.* 14 (1994), 341-348

**Allan, D.A.:** Structure and physiology of joints and their relationship to repetitive strain injuries. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 351 (1998), 32-38

**Almekinders, L.C.; Temple, J.D.:** Etiology, diagnosis, and treatment of tendonitis: an analysis of the literature. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30 (1998), 8, 1183-1190

**Andersen, J.H.; Gaardboe, O.:** Prevalence of Persistent Neck and Upper Limb Pain in a Historical Cohort of Sewing Machine Operators. *Am. J. Ind. Med.* 24 (1993), 677-687

**Baidya, K.N.; Stevenson, M.G.:** An experimental investigation of factors affecting forearm muscle fatigue in repetitive work. *Ergonomics in the Tourist, Agricultural and Mining Industries, Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Annual Conference of the Ergonomics Society of Australia and New Zealand, Toowoomba, Queensland, December 1985, 228-235*

**Ballé, W.; Laurig, W.; Smolka, R.; Czenskowski, D.; Schleyer, M.:** Reduzierung der lokalen Muskelbeanspruchung durch Gestaltung eines pneumatischen Schraubers für Montagearbeiten. *Zbl. Arb.med.* 33 (1983), 10, 316-321

**Barnhart, S.; Demers, P.A.; Miller, M.; Longstreth, W.T.; Rosenstock, L.:** Carpal tunnel syndrome among ski manufacturing workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 17 (1991), 1, 46-52

**Barnum, M.; Mastey, R.D.; Weiss, A.P.; Akelmann, E.:** Radial tunnel syndrome. *Hand Clin.* 12 (1996), 4, 679-689

**Beaton, D.E.; Bombardier, C.; Hogg-Johnson, S.A.:** Measuring health injured workers: a cross-sectional comparison of five generic health status instruments in workers with musculoskeletal injuries. *Am. J. Ind. Med.* 29 (1996), 6, 618-631

**Bednar, M.S.:** Ulnar tunnel syndrome. *Hand Clin.* 12 (1996), 4, 657-664

**Bergamasco, R.; Girola, C.; Colombini, D.:** Guidelines for designing jobs featuring repetitive tasks. *Ergonomics* 41 (1998), 9, 1364-1383

**Bergenudd, H.; Johnell, O.:** Somatic versus nonsomatic shoulder and backpain experience in middle age in relation to body build, physical fitness, bone mineral content, gamma-glutamyltransferase, occupational workload, and psychosocial factors. *Spine* 16 (1991), 9, 1051-1055

**Bernacki, E.J.; Guidera, J.A.; Schaefer, J.A.; Lavin, R.A.; Tsai, S.P.:** An Ergonomics Program Designed to Reduce the Incidence of Upper Extremity Work Related Musculoskeletal Disorders. *J. Occup. Environ. Med.* 41 (1999), 12, 1032-1041

**Bernard, B.; Sauter, S.; Fine, L.; Petersen, M.; Hales, T.:** Job task and psychosocial risk factors for work-related musculoskeletal disorders among newspaper employees. *Scand. J. Work Environ. Health* 20 (1994), 6, 417-426

**Bernard, B.P.:** Musculoskeletal disorders (MSD) and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati 1997

**Björkstén, M.G.; Boquist, B.; Talbäck, M.; Edling, C.:** Neck and shoulder ailments in a group of female industrial workers with monotonous work. *Ann. Occup. Hyg.* 40 (1996), 6, 661-673

**Björkstén, M.G.; Boquist, B.; Talbäck, M.; Edling, C.:** Reported neck and shoulder problems in female industrial workers: the importance of factors at work and at home. *Int. J. Ind. Ergonom.* 27 (2001), 3, 159-170

**Blåder, S.; Barck-Holst, U.; Danielsson, S.; Ferhm, E.; Kalpamaa, M.; Leijon, M.; Lindh, M.; Markhede, G.:** Neck and shoulder complaints among sewing-machine operators: a study concerning frequency, symptomatology and dysfunction. *Appl. Ergonom.* 22 (1991), 4, 251-257

**Böcker, W.; Denk, H.; Heitz, P.H.:** Pathologie. München: Urban & Fischer 2004

**Bongers, P.M.; Kremer, A.M.; ter Laak, J.:** Are psychosocial factors, risk factors for symptom and signs of the shoulder, elbow or hand/wrist? A review of the epidemiological literature. *Am. J. Ind. Med.* 41 (2002), 5, 315-342

**Bongers, P.M.; deWinter, C.R.; Kompier, M.A.J.; Hildebrandt, V.H.:** Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. *Scand. J. Work Environ. Health* 19 (1993), 5, 297-312

**Bovenzi, M.:** Exposure-response relationship in the hand-arm vibration syndrome: an overview of current epidemiology research. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 71 (1998), 8, 509-519

**Bovenzi, M.; Fiorito, A.; Volpe, C.:** Bone and joint disorders in the upper extremities of chipping and grinding operators. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 59 (1987), 2, 189-198

**Bozentka, D.J.:** Cubital tunnel syndrome pathophysiology. *Clin. Orthop. Rel. Res.* 351 (1998), 90-94

**Britz, G.W.; Haynor, D.R.; Kuntz, C.; Goodkin, R.; Gitter, A.; Maravilla, K.; Kliot, M.:** Ulnar nerve entrapment at the elbow: correlation of magnetic resonance imaging, clinical, electrodiagnostic, and intraoperative findings. *Neurosurgery* 38 (1996), 3, 458-465

**Brodie, D.; Wells, R.:** An evaluation of the utility of three ergonomics checklist for predicting health outcome in a car manufacturing environment. *Proceedings of the 29<sup>th</sup> Annual Conferences of the Human Factors Association of Canada 1997*, 45-52

**Buckle, P.; Devereux, J.:** Risk factors for work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders: Report Bilbao: European Agency for Safety and Health at Work 1999

**Burgess-Limerick, R.; Egeskov, R.; Pollock, C.; Straker, L.:** Manual Tasks Risks Assessment Tool (ManTRA). In: *Fifth International Scientific Conference on Prevention of work-related Musculoskeletal Disorders*, July 11-15, 2004. Abstract Book Vol. 2. Zürich 2004, 509-510

**Burt, S.; Punnett, L.:** Evaluation of interrater reliability for posture observations in a field study. *Appl. Ergonom.* 30 (1999), 2, 121-135

**Caffier, G., Steinberg, U., Liebers, F.:** Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW 1999. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 850)

**Chaisson, C.E.; Zhang, Y.; McAlindon, T.E.; Hannan, M.T.; Aliabadi, P.; Naimark, A.; Levy, D.; Felson, D.T.:** Radiographic hand osteoarthritis: incidence, patterns, and influence of pre-existing disease in a population based sample. *J. Rheumatol.* 24 (1997), 7, 1337-1343

**Chaisson, C.E.; Zhang, Y.; Sharma, L.; Kannel, W.; Felson, D.T.:** Grip strength and the risk of developing radiographic hand osteoarthritis: results from the Framingham Study. *Arthritis Rheum.* 42 (1999), 1, 33-38

**Christmansson, M.:** The HAMA-method for analysis of upper limb movements and risk for work-related musculoskeletal disorders. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Triennial Congress of the International Ergonomics Association/Human Factors Association of Canada*. August, Toronto (Mississauga: Human Factors Association of Canada) 1994, 173-175

**Cobb, T.K.; Cooney, W.P., An, K.-N.:** Aetiology of work-related carpal tunnel syndrome: the role of lumbrical muscles and tool size on carpal tunnel pressures. *Ergonomics* 39 (1996), 1, 103-106

**Colombini, D.; Grieco, A.; Occhipinti, E.:** Occupational musculo-skeletal disorders of the upper limbs due to mechanical overload. London: Taylor & Francis 1998

**Colombini, D.; Grieco, A.; Occhipinti, E.:** Le affezioni muscolo-scheletriche occupazionali da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori: metodi di analisi, studi ed esperienze, orientamenti di prevenzione = Occupational musculo-skeletal disorders of the upper limbs due to mechanical overload: methods, researches, experiences,

criteria for prevention. Parma: La Medicina del Lavoro 1996

**Colombini, D.; Occhipinti, E.:** Ergonomics Evaluation Tools for Physical Workload: The ORCA Method to Evaluate Risks for the Upper Limbs in Relation to Relevant European Directive. In: Strasser, K.; Kluth, K.; Rausch, H.; Bubb, H.: Quality of Work and Products in Enterprises of the Future. Stuttgart: Ergonomica 2003

**Colombini, D.; Occhipinti, E.:** The application of the concise exposure index to repetitive movement tasks of the upper limbs in various production settings: preliminary experience and validation. *Med. Lav.* 87 (1996), 6, 704-715

**Colombini, D.; Occhipinti, E.; Grieco, A.:** Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and Exertions of Upper Limbs Job Analysis, Ocra Risk Indices, Prevention Strategies and Design Principles. Amsterdam: Elsevier 2002

**Coury, H.J.C.G.; Porcatti, I.A.; Alem, M.E.R.; Oishi, J.:** Influence of gender on work-related musculoskeletal disorders in repetitive tasks. *Int. J. Ind. Ergonom.* 29 (2002), 1, 33-39

**Dababneh, A.; Waters, T.:** The ergonomic use of hand tools: guidelines for the practitioner. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 14 (1999), 4, 208-215

**David, G.C.:** Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occup. Med.* 55 (2005), 190-199

**Dawson, D.M.:** Entrapment neuropathies of the upper extremities. *New Engl. J. Med.* 329 (1993), 27, 2013-2018

**DeLooze, M.P.; Toussaint, H.M.; Ensink, J.; Mangnus, C.; van der Beek, A.J.:** The validity of visual observation to assess posture in a laboratory-simulated, manual handling task. *Ergonomics* 37 (1994), 8, 1335-1343

**Debrunner, A.M.:** Orthopädie. Bern: Hans Huber 1983

**Devereux, J.J.; Vlachonikolis, I.G.; Buckle, P.W.:** Epidemiological study to investigate potential interaction between physical and psychosocial factors at work that may increase the risk of symptoms of musculoskeletal disorder of the neck and upper limb. *Occup. Environ. Med.* 59 (2002), 4, 269-277

**Douwes, M.; Dul, J.:** Validity and reliability of estimating body angles by direct in indirect observations. In: Quéinnec, Y.; Daniellou, F.: Designing for Everyone. London: Taylor & Francis 1991, 144-146

**Drury, C.G.:** A Biomechanical Evaluation of the Repetitive Motion Injury Potential of Industrial Jobs. *Semin. Occup. Med.* 2 (1987), 1, 41-49

**Dyer, C.:** Tackling work-related upper-limb disorders. *Health and Safety Bulletin* 307 (2002), 6-8

**Fallentin, N.; Viikari-Juntura, E.; Kilbom, Å.; Wærsted, M.:** Evaluation of physical workload standards and guidelines from a Nordic perspective. *Scand. J. Work Environ. Health* (2001), 27, Suppl. 2, 1-52



**Felson, D.T.:** Do occupation-related physical factors contribute to arthritis? *Baillieres Clin. Rheumatol.* 8 (1994), 1, 63-77

**Fernström, E.A.C.; Ericson, M.O.:** Upper-arm elevation during office work. *Ergonomics* 39 (1996), 10, 1221-1230

**Fransson-Hall, C.; Gloria, R.; Kilbom, A.; Winkel, J.; Karlquist, L.; Wiktorin, C.:** A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling. *Appl. Ergonom.* 26 (1995), 2, 93-100

**Freivalds, A.; Park, D.:** Development of a risk assessment model for cumulative trauma disorders. *Arbete och Hälsa* 17 (1992), 92-94

**Frost, P.; Bonde, J.P.E.; Mikkelsen, S.; Andersen, J.H.; Fallentin, N.; Kaergaard, A.; Thomsen, J.F.:** Risk of shoulder tendinitis in relation to shoulder loads in monotonous repetitive work. *Am. J. Ind. Med.* 41 (2002), 1, 11-18

**Fuentes, J.C.H.:** Strain Index Method: Applied to Analyse Jobs for Risk Distal Upper Extremity Disorders - Experience in a Chilean Textile Industry. In: Strasser, K.; Kluth, K.; Rausch, H.; Bubb, H.: *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future.* Stuttgart: Ergonomica 2003

**Gebhardt, Hj.; Klußmann, A.; Dolfen, P.; Rieger, M.A.; Liebers, F.; Müller, B.H.:** Beschwerden und Erkrankungen der oberen Extremitäten an Bildschirmarbeitsplätzen. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW 2006. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 1082)

**Gemme, G.; Saraste, H.:** Bone and joint pathology in workers using hand-held vibrating tools. An overview. *Scand. J. Work Environ. Health* 13 (1987), 4, 290-300

**Genaidy, A.M.; Al-Shedi, A.A.; Shell, R.L.:** Ergonomic Risk Assessment: Preliminary Guidelines for analysis of Repetition, Force and Posture. *J. Hum. Ergol.* 22 (1993), 1, 45-55

**Gerr, F.; Letz, R.; Landrigan, P.J.:** Upper-extremity musculoskeletal disorders of occupational origin. *Annu. Rev. Public Health* 12 (1991), 543-566

**Giersiepen, K.:** Carpal tunnel-Syndrom und Beruf: Ergebnisse einer Fall-Kontroll-Studie. Hessisches Sozialministerium, Wiesbaden 2000, 68-72

**Grant, K.A.; Habes, D.J.; Putz-Anderson, V.:** Psychophysical and EMG correlates of force exertion in manual work. *Int. J. Ind. Ergonom.* 13 (1994), 1, 31-39

**Grieco, A.:** Application of the concise exposure index (ORCA) to tasks involving repetitive movements of the upper limbs in a variety of manufacturing industries: preliminary validations. *Ergonomics* 41 (1998), 9, 1347-1356

**Habes, D.; Carlson, W.; Badger, D.:** Muscle fatigue associated with repetitive arm lifts: effects of height, weight and reach. *Ergonomics* 28 (1985), 2, 471-488

**Hägg, G.M.; Suurküla, J.:** Zero crossing rate of electromyograms during occupational work and endurance tests as predictors for work related myalgia in the shoul-

der/neck region. *Eur. J. Appl. Physiol.* 62 (1991), 6, 436-444

**Häkkinen, M.; Viikari-Juntura, E.; Martikainen, R.:** Incidence of musculoskeletal disorders among newly employed manufacturing workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 27 (2001), 6, 381-38

**Häublein, H.-G.:** Keine kritiklose Anerkennung sogenannter Überlastungssyndrome der oberen Gliedmaßen als Berufskrankheit. *Z. Ärztl. Fortbildg.* 50 (1956), 14, 600-609

**Hanßen-Pannhausen, R.:** IGA-Check - Leitfaden und Software zur Erfassung beruflicher Anforderungen, Belastungen und Gefährdungen. IGA-Report 4. BKK Bundesverband und Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Essen, Dresden 2004

**Hansson, G.-Å.; Strömberg, U.; Larsson, B.; Ohlsson, K.; Balogh, I.; Moritz, U.:** Electromyographic fatigue in neck/shoulder muscles and endurance in women with repetitive work. *Ergonomics* 35 (1992), 11, 1341-1352

**Held, J.:** Das FIT-System: Ein mobiles, computergestütztes Verfahren zur Erfassung beobachtbarer Ereignisse in der Arbeitsanalyse. *Zbl. Arb.med. Arb.schutz Ergonom.* 49 (1999), 12, 426-436

**Henne-Bruns, D.; Dürig, M.; Kremer, B.:** Chirurgie. Duale Reihe. Stuttgart: Thieme 2001

**Hignett, S.; McAtamney, L.:** Rapid entire body assessment (REBA). *Appl. Ergonom.* 31 (2000), 2, 201-205

**Ho, M.; Belch, J.J.:** Raynaud's phenomenon: state of the art 1998. *Scand. J. Rheumatol.* 27 (1998), 5, 319-322

**Idler, R.S.:** General principles of patient evaluation and nonoperative management of cubital syndrome. *Hand Clin.* 12 (1996), 2, 397-403

**Ignatius, Y.T.S.; Yee, T.Y.; Yan, L.T.:** Self reported musculoskeletal problems amongst typist and possible risk factors. *J. Hum. Ergol.* 22 (1993), 2, 83-93

**Jebson, P.J.; Engber, W.D.:** Radial tunnel syndrome: long-term results of surgical decompression. *J. Hand Surg.* 22 (1997), 5, 889-896

**Jensen, C.:** Development of neck and hand-wrist symptoms in relation to duration of computer use at work. *Scand. J. Work Environ. Health* 29 (2003), 197-205

**Jensen, V.; Bøggild, H.; Johansen, J.P.:** Occupational use of precision grip and forceful gripping, and arthrosis of finger joints: A literature review. *Occup. Med.* 49 (1999), 6, 383-388

**Johnson, S.L.; Dime, M.M.; Brown, S.A.; Hardcastle, J.B.:** A computer-based job analysis system to reduce cumulative trauma disorders. Department of Industrial Engineering, University of Arkansas. Fayetteville, Arkansas 1996

**Jürgens, W.W.; Mohr, D.; Pangert, R.; Pernack, E.; Schultz, K.; Steinberg, U.:** Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben und Tragen von Lasten. LASI Veröffentlichung LV9. Hrsg. Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik. 4. überarbeitete Aufl. 2001

**Jürgens, W.W.; Mohr, D.; Pangert, R.; Pernack, E.; Schultz, K.; Steinberg, U.:** Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten. LASI Veröffentlichung LV29. Hrsg. Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik. 2002

**Kaergaard, A.; Andersen, J.H.:** Musculoskeletal disorders of the neck and shoulders in female sewing machine operators: prevalence, incidence, and prognosis. *Occup. Environ. Med.* 57 (2000), 8, 528-534

**Karasek, R.A.; Theorell, T.:** Healthy work: Stress, productivity, and the reconstruction of working life. Basic Books. New York 1990

**Kemmlert, K.:** A method assigned for the identification of ergonomic hazards - PLIBEL. *Appl. Ergonom.* 26 (1995), 3, 199-211

**Kenningham, L.:** A scientifically based manual handling risk assessment checklist & guidelines and usability testing - one approach. *Safety Science Monitor. Special Edition, Safety Management Vol. 3. Research & Development Branch, Victorian Work-Cover Authority, Victoria* 1999

**Karhu, O.; Kansil, P.; Kuorinka, I.:** Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Appl. Ergonom.* 8 (1977), 199-201

**Kee, D.; Karwowski, W.:** LUBA: an assessment technique for postural loading on upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Appl. Ergonom.* 32 (2001), 357-366

**Ketola, R.; Toivonen, R.; Viikari-Juntura, E.:** Interobserver repeatability and validity of an observation method to assess physical loads imposed on the upper extremities. *Ergonomics* 44 (2001), 2, 119-131

**Keyserling, W.M.; Stetson, D.S.; Silverstein, B.A.; Brouwer, M.L.:** A checklist for evaluating ergonomic risk factors associated with upper extremity cumulative trauma disorders. *Ergonomics* 36 (1993), 7, 807-831

**Keyserling, W.M.; Punnett, L.; Fine, L.J.:** Postural stress of the trunk and shoulders: Identification and control of occupational risk factors. *American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Ergonomic interventions to prevent musculoskeletal injuries in industry. Industrial Hygiene Science Series Lewis Publisher, Chapter 2, 11-26*

**Kilbom, A.:** Repetitive work of the upper limb extremity: Part I - Guidelines for the practitioner. *Int. J. Ind. Ergonom.* 14 (1994), 51-57

**Kim, S.J.; Kim, W.S.; Kang, Y.K.; Lee, S.H.; Cho, S.H.:** Influencing Psychologic Factors and Stress in Patients with Chronic Pain. *J. Korean Acad. Rehabil. Med.* 24 (2000), 6, 1161-1167

**Kleinert, J.M.; Mehta, S.:** Radial nerve entrapment. *Orthop. Clin. North Am.* 27 (1996), 2, 305-315

**Kobryn, U.; Wagner, W.; Steinberg, U.; Hoffmann, B.; Erdmann, U.:** Physiologic reactions to bimanual labor and additional use of manipulators. *Z. Ges. Hyg.* 33 (1987), 4, 203-205

**Kobryn, U.; Meyer, L.-U.; Richter, L.; Ullrich, K.:** Zur muskulären Beanspruchung bei modernen Arbeitstätigkeiten am Beispiel des Kassenarbeitsplatzes. *Z. Ges. Hyg.* 35 (1989), 8, 473-475

**Kössler, F.; Heuchert, G.:** Fragen und Antworten zum RSI-Begriff. *Ergo-Med* 17 (1993), 2, 40-45

**Koningsveld, E.; Osinga, D.; Bus, J.:** Repetitive Motions and RSI - Extend of the problem, an instrument for assessment workplaces. *Nederlands Institut voor Arbeidsomstandigheden.* Janus nr. 20-11-1995

**Kothari, M.J.; Heistand, M.; Rutkove, S.B.:** Three ulnar nerve conduction studies in patients with ulnar neuropathy at the elbow. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 79 (1998), 1, 87-89

**Krämer, J.; Griffka, J.:** *Orthopädie.* 7. Auflage. Heidelberg: Springer 2005

**Latko, W.A.; Armstrong, T.J.; Franzblau, A.; Ulin, S.S.; Werner, R.A.; Albers, J.W.:** Cross-sectional study of the relationship between repetitive work and the prevalence of upper limb musculoskeletal disorders. *Am. J. Ind. Med.* 36 (1999), 2, 248-259

**Leclerc, A.; Landre, M.-F.; Chastang, J.-F.; Niedhammer, I.; Roquelaure, Y.:** Upper limb disorders in repetitive work. *Scand. J. Work Environ. Health* 27 (2001), 4, 268-278

**Leclerc, A.:** Exposure assessment in ergonomic epidemiology: is there something specific to the assessment of biomechanical exposure? *Occup. Environ. Med.* 62 (2005), 3, 143-144

**Leclerc, A.; Chastang, J.-F.; Niedhammer, I.; Landre, M.F.; Roquelaure, Y.:** Three-year predictive factors for incidence of shoulder disorders in repetitive work. *Four the International Scientific Conference on Prevention of work-related Musculoskeletal Disorders.* Amsterdam 2001. Conference Abstract, Amsterdam 133

**Lehman, K.R.; Psihogios, J.P.; Meulenbroek, R.G.J.:** Effects of sitting versus standing and scanner type on cashiers. *Ergonomics* 44 (2001), 7, 719-738

**Leino, P.; Hänninen, V.:** Psychosocial factors at work in relation to back and limb disorders. *Scand. J. Work Environ. Health* 21 (1995), 2, 134-142

**LePoidevin, J.:** Reducing upper limb disorders in the packing line. *IRS Employment Review* 256 (1997), 13-15

**Li, G.; Buckle, P.:** Current techniques for assessing physical exposure to work-

related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics* 42 (1999), 5, 674-695

**Li, G.; Buckle, P.:** A practical method for the assessment of work-related musculoskeletal risks - Quick Exposure Check (QEC). Proceedings of the Human Factors And Ergonomics Society 42<sup>nd</sup> Annual Meeting (1998), 1351-1355

**Li, G.; Buckle, P.:** Evaluating change in exposure to risk for musculoskeletal disorders - a practical tool. HSE Books. Contract Research Report (CRR251) 1999

**Lister, G.:** The hand: Diagnosis and indications. 3<sup>rd</sup> ed. Edinburgh Churchill Livingstone 1993

**Lowe, B.D.:** Accuracy and validity of observational estimates of wrist and forearm posture. *Ergonomics* 47 (2004), 5, 527-54

**Lowe, B.; Swanson, N.:** Finger Flexor/Extensor and Trapezius Loading During Keyboard Use. Proceedings of the Conference WWDU 2002 World Wide Work - May 22-25. Berchtesgaden 2002

**Luttmann, A.; Jäger, M.; Laurig, W.:** Elektromyographische Untersuchungen an Kassenarbeitsplätzen mit Scannern. *Z. Arb.wiss.* 43 (15 NF) (1989), 4, 234-240

**Luttmann, A.; Kylian, H.; Schmidt, K.-H.; Jäger, M.:** Untersuchung von Muskelbelastung und Beschwerdehäufigkeit bei Büroarbeit. *Zbl. Arb.med.* 52 (2002), 8, 305-317

**Mäkelä, D.J.; Heliövaara, M.; Sainio, P.; Knekt, P.; Impivaara, O.; Aromaa, A.:** Shoulder joint impairment among Finns aged 30 years or over: prevalence, risk factors and co-morbidity. *Rheumatology* 38 (1999), 7, 656-662

**Magnusson, M.; Örtengren, R.:** Investigation of optimal table height and surface angle in meatcutting. *Appl. Ergonom.* 18 (1987), 2, 146-152

**Malchaire, J.B.; Cock, N.A.:** Risk prevention and control strategy for upper limb musculoskeletal disorders. *TUTB Newsletter* 11-12 (1999), 27-31

**Malchaire, J.B.; Roquelaure, Y.; Cock, N.; Piette, A.; Vergracht, S.; Chiron, J.:** Musculoskeletal complaints, functional capacity, personality, and psychosocial factors. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 74 (2001), 8, 549-557

**Mangler, K.-H.:** Überlastungsschäden im Schulter-Arm-Hand-Bereich. In: Redetzky, H.; Thiele, H.: Aktuelle Themen auf dem Gebiet der Berufskrankheiten. Berlin: Volk und Gesundheit 1963

**Manz, A.:** Hat die Ziffer 2101 der geltenden BeKVO nach Berechtigung? *Zentr.bl. Arbmed.* 35 (1985), 1, 3-9

**May, D.C.:** Results of an OSHA ergonomic intervention program in New Hampshire. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 17 (2002), 11, 768-773

**McAtamney, L.; Corlett, E.N.:** RULA: A survey method for the investigation of work-

related upper limb disorders. *Appl. Ergonom.* 24 (1993), 2, 91-99

**McAtamney, L.; Hignett, S.:** REBA - A rapid entire body assessment method for investigating work related musculoskeletal disorders. In: Blewett, V. (Hrsg.): Proceedings of the 31<sup>st</sup> Annual Conference of the Ergonomics Society of Australia. Melbourne: The Society 1995

**Mathiassen, S.E.; Åhsberg, E.:** Prediction of shoulder flexion endurance from personal factors. *Int. J. Ind. Ergonom.* 24 (1999), 3, 315-329

**Menoni, O.; Vimercati, C.; Panciera, D.:** Clinical trials among worker populations: a model for an anamnestic survey of upper limb pathologies and its practical application methods. *Ergonomics* 41 (1998), 9, 1312-1321

**Meservy, D.R.N.; Suruda, A.J.;Bloswick, D.; Lee, J.; Dumas, M.:** Ergonomic Risk Exposure and Upper-Extremity Cumulative Trauma Disorders in a Maquiladora Medical Devices Manufacturing Plant. *J. Occup. Environ. Med.* 39 (1997), 8, 767-773

**Meyer, J.-P.; Dyevre, P.:** Aspects cliniques et demarches de prevention des principaux troubles musculosqueletiques (TMS) a composante professionnelle du member supérieur et de l'épaule. *Documents pour le Médecin du Travail* 58 (1994), 149-163

**Miranda, H.; Viikari-Juntura, R.; Martikainen, R.; Takala, E.-P.; Riihimäki, H.:** A prospective study of work related factors and physical exercise as predictors of shoulder pain. *Occup. Environ. Med.* 58 (2001), 8, 528-534

**Miranda, H.:** Musculoskeletal pain in relation to physical exercise, occupational loading and individual factors. *People and Work Research Reports* 54. Finnish Institute of Occupational Health, Department of Physiology, Muskuloskeletal Research Unit. Helsinki 2002

**Mirbod, S.M.; Yoshida, H.; Komura, Y.; Fujita, S.; Nagata, C.; Miyashita, K.; Inaba, R.; Iwata, H.:** Prevalence of Raynaud's phenomenon in different groups of workers operating hand-held vibrating tools. *Int. Arch. Occup. Environ Health* 66 (1994), 1, 13-22

**Moore, J.S.; Garg, A.:** The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 56 (1995), 5, 443-458

**Morse, T.; Dillon, C.; Kenta-Bibi, E.; Weber, J.; Diva, U.; Warren, N.; Grey, M.:** Trends in work-related musculoskeletal disorder reports by year, type, and industrial sector: A capture-recapture analysis. *Am. J. Ind. Med.* 48 (2005), 1, 40-49

**Morse, T.F.; Dillon, C.; Warren, N.; Levenstein, C.; Warren, A.:** The Economic and Social Consequences of Work-related Musculoskeletal Disorders: The Connecticut Upper-extremity Surveillance Project (CUSP). *Int. J. Occup. Environ. Health* 4 (1998), 4, 209-216

**Muggleton, J.M.; Allen, R.; Chappell, P.H.:** Hand and arm injuries associated with repetitive manual work in industry: a review of disorders, risk factors and preventive measures. *Ergonomics* 42 (1999), 5, 714-739

**Murthy, J.M.; Meena, A.K.:** Entrapment neuropathies. *J. Assoc. Physicians. India.* 43 (1995), 10, 673-675

**Nahit, E.S.; Pritchard, C.M.; Cherry, N.M.; Silmann, A.J.; Macfarlane, G.J.:** The influence of work related psychosocial factors and psychological distress on regional musculoskeletal pain: A study of newly employed workers. *J. Rheumatol.* 28 (2001), 6, 1378-1384

**Netscher, D.T.; Cohen, V.:** Ulnar nerve entrapment at the wrist: cases from a hand surgery practice. *South Med. J.* 91 (1998), 5, 451-456

**Niethard, F.U.; Weber, M.; Heller, K.D.:** *Orthopädie compact.* Stuttgart: Thieme 2005

**Nathan, P.A.; Keniston, R.C.:** Carpal tunnel syndrome and its relation to general physical conditions. *Hand Clin.* 9 (1993), 2, 253-262

**Occhipinti, E.:** OCRA: A concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics* 41 (1998), 9, 1290-1311

**Occhipinti, E.; Colombini, D.:** Proposal of a concise index for the evaluation of the exposure to repetitive movements of the upper extremity (OCRA index). *Med. Lav.* 87 (1996), 6, 526-548

**Occhipinti, E.; Colombini, D.:** Assessment of exposure to repetitive upper limb movement: an IEA consensus document. *TUTB Newsletter* 11-12 (1999), 22-26

**Onishi, N.; Sakai, K.; Itani, T.; Shindo, H.:** Muscle load and fatigue of film rolling workers. *J. Hum. Ergol.* 6 (1977), 2, 179-186

**Parentmark, G.; Engvall, B.; Malmkvist, A.K.:** Ergonomic on-the-job training of assembly workers. Arm-neck-shoulder complaints drastically reduced amongst beginners. *Appl. Ergonom.* 19 (1988), 2, 143-146

**Park, D.:** Application of survival analysis to CTD risk assessment. *Proceedings of the Human Factors Society 36<sup>th</sup> Annual Meeting - 1992*, 783-787

**Pekkarinen, A.; Anttonen, H.:** The effect of working height on the loading of the muscular and skeletal systems in the kitchens of workplace canteens. *Appl. Ergonom.* 19 (1988), 4, 306-308

**Pheasant, S.T.:** Does RSI exist? *Occup. Med.* 42 (1992), 3, 167-168

**Platzer, W.:** *Taschenatlas der Anatomie.* Bd. 1. Bewegungsapparat. 8. korr. und ergänzte Aufl. Stuttgart: Thieme 2003

**Polanyi, M.F.D.; Cole, D.C.; Beaton, D.E.; Chung, J.; Wells, R.; Abdolell, M.; Beech-Hawley, L.; Ferrier, S.E.; Mondloch, M.V.; Shields, S.A.; Smith, J.M.; Shannon, H.S.:** Upper limb work-related musculoskeletal disorders among newspaper employees: cross-sectional survey results. *Am. J. Ind. Med.* 32 (1997), 6, 620-628

**Posner, M.A.:** Compressive ulnar neuropathies at the elbow: I. Etiology and diagnosis. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 6 (1998), 5, 282-288

**Pransky, G.; Snyder, T.; Dembe, A.; Himmelstein, J.:** Under-reporting of work-related disorders in the workplace: a case study and review of the literature. *Ergonomics* 42 (1999), 1, 171-182

**Punnett, L.; Keyserling, W.M.:** Exposure to ergonomic stressors in the garment industry: application and critique of job-site work analysis methods. *Ergonomics* 30 (1987), 7, 1099-1116

**Putz-Anderson, V.:** Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs. London: Taylor & Francis 1988

**Ringelberg, J.A.; Koukoulaki, T.:** Risk estimation for musculoskeletal disorders in machinery design: Integrating a user perspective. Brussels: TUTB 2002, 80 p.

**Rodgers, S.H.:** Ergonomic design for people at work. Vol. 2. The design of jobs, including work patterns, hours of work, manual material tasks, methods to evaluate job demands, and the physiological basis on work. New York: Eastman Kodak Company 1986

**Rohmert, W., Landau, K.:** Das Arbeitswissenschaftliche Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse - AET. Handbuch und Merkmalheft. Bern: Hans Huber 1979

**Rudolph, H.; Schaefer, P.; Schwarz, W.:** Ansätze zur Verbesserung des Burandt-Schultetus-Verfahrens zur Bestimmung zulässiger Armkräfte. *Z. Arb.wiss.* 48 (20 NF) (1994), 1, 54-59

**Sakakibara, H.; Miyato, M.; Kondo, T.; Yamada, S.; Nakagawa, T.; Kobayashi, F.:** Relation between overhead work and complaints of pear and apple orchard workers. *Ergonomics* 30 (1987), 5, 805-815

**Sarhadi, N.S.; Korday, S.N.; Bainbridge, L.C.:** Radial tunnel syndrome: diagnosis and management. *J. Hand Surg.* 23 (1998), 5, 617-619

**Sato, H.; Ohashi, J.:** Differences of fatigability for static contraction in human limb muscles. *J. Anthropol. Soci.* 96 (1988), 2, 137-145

**Schäfer, P.; Schmidtke, H.:** Beziehungen zwischen isometrischen und dynamischen Maximalkräften des Menschen. *Z. Arb.wiss.* 43 (15 NF) (1989), 2, 86-89

**Schaub, K.:** Khs - a new method for the evaluation of working postures. Proceedings of the International Ergonomic World Conference on ergonomics of material handlings and information processing at work, Warszawa, Poland, 14-17 Juni 1993. In: Marras, W.S.; Karwowski, W.; Smith, J.L.; Pacholski, L. London: Taylor & Francis 1993

**Schneider, S.:** OSHA's Draft Standard for Prevention of Work-related Musculoskeletal Disorders. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 10 (1995), 8, 665-674

**Schott, R.:** Die Spannweite menschlicher Arbeitsleistungen. *Arbeit und Leistung* 25



(1971), 3/4, 45-52

**Seeber, A.; Schmidt, K.-H.; Kiesswetter, E.; Rutenfranz, J.:** On the application of AET, TBS and VERA to discriminate between work demands at repetitive short cycle tasks. In: Landau, K.; Rohmert, W.: Proceedings of the International Symposium on Job Analysis, University of Hohenheim 1989, 25-32. London: Taylor & Francis 1989

**Serranheira, F.; Uva, A.:** Identificação e avaliação do risco de LMEMST (Identifizierung und Bewertung berufsbedingter Muskel-Skelett-Erkrankungen im Bereich der oberen Gliedmaßen). Colóquio internacional Segurança e Higiene Ocupacionais SHO 2007. Ed.: Arezes, P.; Baptista, J.S.; Barroso, M.; Cunha, A.; Melo, R.; Miguel, A.S.; Perestelo, G.P.: Sociedade Portuguesa de Segurança e Higiene Ocupacionais (SPOSHO). Guimarães 2007, 27-33

**Shaw, W.S.; Feuerstein, M.; Lincoln, A.E.; Miller, V.I.; Wood, P.M.:** Ergonomic and Psychosocial Factors Affect Daily Function in Worker's Compensation Claimants with Persistent Upper Extremity Disorders. *J. Occup. Environ. Med.* 44 (2002), 7, 606-615

**Shuman, S.; Osterman, L.; Bora, F.W.:** Compression neuropathies. *Semin. Neurol.* 7 (1987), 1, 76-87

**Silverstein, B.A.; Fine, L.J.; Armstrong, T.J.:** Occupational Factors and Carpal Tunnel Syndrome. *Am. J. Ind. Med.* 11 (1987), 3, 343-358

**Silverstein, B.; Viikari-Juntura, E.; Kalat, J.:** Use of a prevention index to identify industries at high risk for work-related musculoskeletal disorders of the neck, back, and upper extremity in Washington state, 1990-1998. *Am. J. Ind. Med.* 41 (2002), 3, 149-169

**Sluiter, J.K.; Rest, K.M.; Frings-Dresen, M.H.:** Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders. *Scand. J. Work Environ. Health* 27 (2001), Suppl. 1, 1-102

**Souquet, R.; Mansat, M.:** Guyon's space syndrome. In: Tubiana, R. (Hrsg.): *The Hand*. Philadelphia: W.B. Saunders co 1991, 512-516

**Spannhake, K.; Seidler, A.; Mester, B.; Nienhaus, A.; Elsner, G.:** Berufskrankheiten im Bereich der oberen Extremitäten in Frankreich, Großbritannien, Finnland und Dänemark. *Zentr.bl. Arb.med.* 55 (2005), 197-207

**Spielholz, P.; Silverstein, B.; Stuart, M.:** Reproducibility of a self-report questionnaire for upper extremity musculoskeletal disorder risk factors. *Appl. Ergonom.* 30 (1999), 5; 429-433

**Spielholz, P.; Bao, S.; Howard, N.:** A practical method for ergonomic and usability evaluation of hand tools: a comparison of three random orbital sander configurations. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 16 (2001), 11, 1043-1048

**Spielholz, P.; Silverstein, B.; Morgan, M.; Checkoway, H.; Kaufman, J.:** Comparison of self-report, video observation and direct measurement methods for upper extremity musculoskeletal disorder physical risk factors. *Ergonomics* 44 (2001), 6,

588-613

**Sposato, R.C.; Riley, M.W.; Ballard, J.L.; Stentz, T.L.; Glismann, C.L.:** Wrist squareness and median nerve impairment. *J. Occup. Environ. Med.* 37 (1995), 9, 1122-1126

**Steinberg, U.; Caffier, G.; Mohr, D.; Liebers, F.; Behrendt, S.:** Modellhafte Erprobung des Leitfadens Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW 1998. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 804)

**Steinberg, U.; Behrendt, S.; Bradl, I.; Caffier, G.; Gebhardt, Hj.; Liebers, F.; Müller, B.H.; Schäfer, A.; Schlicker, M.; Schulze, J.:** Erprobung und Evaluierung des Leitfadens Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW 2000. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 897)

**Stevenson, M.G.; Baidya, K.N.:** Some guidelines on repetitive work design to reduce the danger of tenosynovitis. Proceedings of the 19<sup>th</sup> Annual Conference of the Ergonomics Society of Australia and New Zealand. Ergonomics Society of Australia and New Zealand 1982, 69-80

**Strasser, H.; Lauber, M.; Koch, W.:** Produkt-ergonomische Beurteilungsmethoden für handbetätigte Arbeitsmittel. *Z. Arb.wiss.* 44 (16 NF) (1990), 4, 205-213

**Stubbs, N.B.; Fernandez, J.E.; Glenn, W.M.:** Normative data on joint ranges of motion of 25- to 54-year-old males. *Int. J. Ind. Ergonom.* 12 (1993), 4, 265-272

**Sudhakar, L.R.; Schoenmarklin, S.A.; Lavender, S.A.; Marras, W.S.:** The effects of gloves on grip strength and muscle activity. Proceedings of the Human Factors Society, 32<sup>nd</sup> Annual Meeting, 647-650. Human Factors Society, 1988

**Sundelin, G.:** Patterns of electromyographic shoulder muscle fatigue during MTM-paced repetitive arm work with and without pauses. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 64 (1993), 7, 485-493

**Sundelin, G.; Hagberg, M.:** Electromyographic signs of shoulder muscle fatigue in repetitive arm work paced by Methods-Time Measurement system. *Scand. J. Work Environ. Health* 18 (1992), 4, 262-268

**Szlapetis, I.; Burton, J.:** The psychosocial side of RSIs. *Accident Prevention* 50 (2003), 6, 14-15

**Tetro, A.M.; Pichora, D.R.:** Cubital tunnel syndrome and the painful upper extremity. *Hand Clin.* 12 (1996), 4, 665-677

**Tola, S.; Riihimäki, H.; Videman, T.; Viikari-Juntura, E.; Hänninen, K.:** Neck and shoulder symptoms among men in machine operating, dynamic physical work and sedentary work. *Scand. J. Work Environ. Health* 14 (1988), 5, 299-305

**Torgen, M.; Punnett, L.; Alfredsson, L.; Kilbom, A.:** Physical capacity in relation to present and past physical load at work: a study of 484 men and women aged 41 to

58 years. *Am. J. Ind. Med.* 36 (1999), 3, 388-400

**Treaster, D.E.; Burr, D.:** Gender differences in prevalence of upper extremity musculoskeletal disorders. *Ergonomics* 47 (2004), 5, 495-526

**Vaidyanathan, V.; Fernandez, J.E.:** MAF for males performing drilling tasks. Proceedings of the Human Factors Society 36<sup>th</sup> Annual Meeting, 1992

**Vergrachten, S.; Cock, N.; Malchaire, J.:** Troubles musculosquelettiques des membres supérieurs et de la nuque: rôle des caractères psychologiques des travailleurs. *Arch. Mal. Prof.* 61 (2000), 7, 499-505

**Vezina, N.; Tierney, D.; Messing, K.:** When is light work heavy? Components of the physical workload of sewing machine operators working at piecework rates. *Appl. Ergonom.* 23 (1992), 4, 268-276

**Vieira, E.R.; Kumar, S.:** Working postures: a literature review. *J. Occup. Rehabil.* 14 (2004), 2, 143-159

**Viikari-Juntura, E.:** Limited evidence for conservative treatment methods for work-related neck and upper-limb disorders: should we be worried? *Scand. J. Work Environ. Health* 27 (2001), 5, 297-298

**Viikari-Juntura, E.; Kurppa, K.; Kuosma, E.; Huuskonen, M.; Kuorinka, I.; Ketola, R.; Könni, U.:** Prevalence of epicondylitis and elbow pain in the meat-processing industry. *Scand. J. Work Environ. Health* 17 (1991), 1, 38-45

**Vincent, M.S.; Lortie, M.; Chicoine, D.:** Participatory Ergonomics Training in the Manufacturing Sector and Ergonomic Analysis Tools. *Rel. Ind.* 56 (2001), 3, 491-515

**Violante, F.; Kilbom, Å.; Armstrong T.:** Occupational ergonomics: work related musculoskeletal disorders of the upper limb and back. London: Taylor & Francis 2000

**Wallace, M.; Buckle, P.:** Ergonomic aspects of neck and upper limb disorders. *Int. Reviews Ergonom.* 1 (1987), 173-200

**Waersted, M.:** Working hours as a risk factor in the development of musculoskeletal complaints. *Ergonomics* 34 (1991), 3, 265-276

**Waersted, M.; Bjorklund, R.A.; Westgaard, R.H.:** Generation of muscle tension related to a demand of continuing attention. In: Knave, B.; Widebäck, P.G. (ed.) *Work with display units* 86; 288-292. Amsterdam: Elsevier Science Publishers 1987

**Waerstead, M.; Westgaard, R. H.:** Attention-related muscle activity in different body regions during VDU work with minimal physical activity. *Ergonomics* 39 (1996), 4, 661-676

**Wells, R.; Moore, A.; Potvin, J.; Norman, R.:** Assessment of risk factors for development of work-related musculoskeletal disorders (RSI). *Appl. Ergonom.* 25 (1994), 3, 157-164

**Westgaard, R.H.; Bjorklund, R.A.:** Generation of muscle tension additional to postural muscle load. *Ergonomics* 30 (1987), 6, 911-923

**Wiker, S.F.; Chaffin, D.B.; Langolf, G.D.:** Shoulder posture and localized muscle fatigue and discomfort. *Ergonomics* 32 (1989), 2, 211-237

**Wiktorin, C.; Mortimer, M.; Ekenvall, L.; Kilbom, A.; Hjelm, E.W.:** HARBO, a simple computer-aided observation method for recording work postures. *Scand. J. Work Environ. Health*. 21 (1995), 6, 440-449

**Wittke, R.:** Hand und Handgelenk - Akute Verletzungen und chronische Überlastungsschäden. *Der Allgemeinarzt* 12 (2003), 966-974

**Yang, N.; Zhang, M.; Huang, C.; Jin, D.:** Synergic analysis of upper limb target-reaching movements. *J. Biomech.* 35 (2002), 6, 739-746

**Yen, T.Y., Radwin, R.G.:** A video-based system for acquiring biomechanical data synchronized with arbitrary events and activities. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 42 (1995), 9, 944-948

**You, H.; Kwon, O.:** A survey of repetitiveness assessment methodologies for hand-intensive tasks. *Int. J. Ind. Ergonom.* 35 (2005), 4, 353-360

Beurteilung körperlicher Belastung (IAD-BkB© V1.3.5). Institut für Arbeitswissenschaft. Darmstadt 2006

**BGI 504-46:** Handlungsanleitung für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems“ Entwurf 2007

Bundesgesundheitsurvey 1998. Das Gesundheitswesen. Stuttgart: Thieme 1999

Cumulative Trauma Disorders Risk Index. Pennsylvania State University. ErgoIntelligence. Copyright © 2001-2002 NexGen Ergonomics Inc. <http://www.nexgenergo.com/ergonomics/ergointeluea.html> (Stand: 31.01.2007)

**DIN EN 1005-1:** (Ausgabe 2002-02) Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 1: Begriffe; Deutsche Fassung EN 1005-1:2001

**DIN EN 1005-5:** (Ausgabe 2005-06) Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung – Teil 5: Risikobewertung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen; Deutsche Fassung prEN 1005-5:2005

European seminar on work related upper limb disorders (WRULD), The Hague, 30 May 2000. The Hague: Ministerie van Soziale Zaken en Werkgelegenheid 2000

Inform – Gute Haltungen und Bewegungen bei der Arbeit. Muskel-Skelett-Erkrankungen vorbeugen. Hrsg.: Bundesarbeitskammer, Humanware GmbH und LIFE Institut für Gesundheitsentwicklung GmbH. 3. Aufl. Wien 2002

Instrument for assessing repetitive motions at work. Netherlands Institute for the Working Environment NIA. 1995

**ISO/CD 11228:** Ergonomics - Manual Handling - Part 3: Handling of loads at high frequency. 2005

Model for identifying and assessing physically monotonous, repetitive work. Arbetarskyddsstyrelsen Solna (Swedish National Board of OSH), AFS 1998:1

Musculoskeletal Disorders and the Workplace - Low Back and Upper Extremities, Panel on Musculoskeletal Disorders and the Workplace. Hrsg.: Commission on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council and Institute of Medicine University of Michigan, College of Engineering. National Academy Press, Washington, D.C. 2001

New Production Worksheet - NPW V 5.0g. Adam Opel GmbH. Rüsselsheim 2004

Proposal for a European directive on work related upper limb disorders. UK General Municipal and Boilermakers and Allied. Trades Union London: GMB 1998

Pschyrembel. Klinisches Wörterbuch. 257. Aufl. Berlin: de Gruyter 1994

Quick Exposure Check (QEC). Robens Centre for Health Ergonomics, University of Surrey, Guildford. [http://www.surreyergonomics.org.uk/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5&Itemid=67](http://www.surreyergonomics.org.uk/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=67) (Stand 31.01.2007)

Risk Assessment. Risk Filter. Health and Safety Executive. <http://www.hse.gov.uk/msd/pdfs/riskfilter.pdf> (Stand: 31.01.2007)

Risk Assessment. Risk Assessment Worksheets. Health and Safety Executive. <http://www.hse.gov.uk/msd/pdfs/worksheets.pdf> (Stand: 31.01.2007)

Risk Identification Checklist. National Code of Practice for the prevention of occupationally overuse syndrome. [NOHSC:2013 (1994)] Australien 1994

Threshold Limit Value (TLV<sup>®</sup>) for Mono-task Handwork. The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH<sup>®</sup>) Cincinnati, <http://www.acgih.org/TLV/DevProcess.htm> (Stand 31.01.2007)

TiCon<sup>®</sup>-Module MTMErgonomics<sup>®</sup>. Deutsche MTM-Vereinigung e.V. Hamburg. [http://www.dmtm.com/produkte/software/ticon\\_modul\\_ergo.php](http://www.dmtm.com/produkte/software/ticon_modul_ergo.php) (Stand 31.01.2007)

Upper limb disorders: assessing the risks UK. Health and Safety Executive Sheffield: HSE 1994

Upper limb disorders in the workplace. HSE Books, Health and Safety Guidance (HSG60rev) 2002, 122p.

WAC 296-62-05174 Appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards for employers who choose the Specific Performance Approach. Washington Industrial Safety and Health Act, Department of Labor and Industries. <http://www.lni.wa.gov/wisha/ergo/evaltools/HazardZoneChecklist.pdf> 2004 (Stand 31.01.2007)

Work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. European Agency for Safety and Health at Work. Luxembourg: Office for official publications of the Euro-

pean Communities 1999. [http://osha.europa.eu/publications/reports/201/wruld\\_en.pdf](http://osha.europa.eu/publications/reports/201/wruld_en.pdf)  
(Stand 31.01.2007)

Work related upper limb disorders: initial report UK. Trades Union Congress London:  
TUC 1993

## **Danksagung**

Wir danken unseren Fachkollegen der Süddeutschen Metall-BG (aktuell BGM Nord Süd), der Holz-BG und der Landesämter für Arbeitsschutz Sachsen-Anhalt und Brandenburg für ihre Unterstützung bei der Gewinnung von Unternehmen zur Praxiserprobung und für ihre kritische Auseinandersetzung mit diesem schwierigen Thema. Unser Dank geht auch an die vielen Teilnehmer in den Unternehmen, die sich für uns Zeit genommen haben und mit ihrer konstruktiven Unterstützung zum erfolgreichen Projektergebnis beigetragen haben.

## **Anhang 1**

### **Übersicht Methoden zur Beurteilung von repetitiven Belastungen und Beanspruchungen des Hand-Arm-Schulter-Systems**



<b>Lfd. Nr. 01</b>	
Methodenbezeichnung	EN 1005 Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 5: Risikobewertung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen
Autoren, Herausgeber	CEN TC 122 Ergonomie
Land	
Jahr	2005 - Entwurf
Anwender	Leitfaden für Konstrukteure
Zielstellung	Sicherheit von Maschinen
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsdauer</li> <li>• Häufigkeiten der Haltungen und Bewegungen (Winkel von Schulter, Ellenbogen, Handgelenk, Griffart)</li> <li>• Repetitivität, Zykluszeit</li> <li>• erforderliche Aktionskraft</li> <li>• Erholungsmöglichkeiten (Pausen)</li> <li>• Risikofaktoren</li> </ul> <p>Vorcheck mit Ausschlusskriterien: Kein Risiko, wenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kraftgrenzen nach EN 1005-3 eingehalten sind</li> <li>- keine ungünstigen Körperhaltungen nach 1005-4</li> <li>- geringe Repetitivität</li> <li>- weniger als 40 Handhabungen je Minute</li> <li>- keine zusätzlichen Belastungsmerkmale (Vibration, lokaler Druck durch Werkzeuge, Kälte, Handschuhe u.a.)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung einer zulässigen Grenzfrequenz der Arbeitszyklen und Vergleich mit der vorhandenen</li> <li>• Dreistufiger Aufbau: Identifizierung von Risiken, Risikovorcheck, detaillierte Risikobeurteilung</li> </ul>
Kommentar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es ist eine detaillierte Arbeitsanalyse erforderlich.</li> <li>• Nur für Tätigkeiten mit hoher Handlungshäufigkeit anwendbar.</li> <li>• Eine prospektive Risikoabschätzung ist für den Konstrukteur problematisch, wenn die Arbeitsorganisation beim Maschinenbetreiber unbekannt ist.</li> <li>• Die Spannweite der Aktionskräfte berücksichtigt auch hohe Kräfte. 20 % der individuellen Maximalkraft werden noch als leicht eingestuft, 10 % als sehr leicht.</li> <li>• Die Risikoabschätzung ist identisch mit OCRA Risk Index (lfd. Nr. 04).</li> <li>• Ähnlichkeit zu ISC/CD 11228-3 (lfd. Nr. 02).</li> </ul>

<b>Lfd. Nr. 02</b>	
Methodenbezeichnung	ISO/CD 11228 Ergonomics - Manual Handling Part 3: Handling of loads at high frequency
Autoren, Herausgeber	ISO TC 159/SC 3 /WG 4
Land	
Jahr	2004 - Entwurf
Anwender	Konstrukteure und Betriebspraktiker
Zielstellung	Ergonomische Gestaltung der repetitiven Arbeit, Erkennung und Quantifizieren von Risiken
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsdauer</li> <li>• Häufigkeiten der Haltungen und Bewegungen (Winkel von Schulter, Ellenbogen, Handgelenk, Griffart)</li> <li>• Repetitivität, Zykluszeit</li> <li>• erforderliche Aktionskraft</li> <li>• Erholungsmöglichkeiten (Pausen)</li> <li>• Zusatzfaktoren</li> <li>• Für die Risikoidentifikation werden auch Vibration, Arbeitsumwelt, Arbeitsorganisation sowie psychosoziale und individuelle Merkmale erwähnt</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Identifizierung von Risiken, Checkliste mit quantitativen Merkmalen (siehe lfd. Nr. 03), detaillierte Risikobeurteilung
Kommentar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur für Tätigkeiten mit hoher Handlungshäufigkeit anwendbar.</li> <li>• Die Spannweite der Aktionskräfte berücksichtigt auch hohe Kräfte. 20 % der individuellen Maximalkraft werden noch als leicht eingestuft, 10 % als sehr leicht.</li> <li>• Die Risikoabschätzung ist identisch mit OCRA Risk Index (lfd. Nr. 04).</li> <li>• Ähnlichkeit zu EN 1005-5 (lfd. Nr. 01), jedoch nicht nur für Konstrukteure, sondern auch für Praktiker.</li> </ul>

<b>Lfd. Nr. 03</b>	
Methodenbezeichnung	ISO/CD 11228 Ergonomics – Manual Handling Part 3: Handling of loads at high frequency - Assessment Checklist
Autoren, Herausgeber	ISO TC 159/SC 3 /WG 4
Land	
Jahr	2004 - Entwurf
Anwender	
Zielstellung	Vereinfachte Beurteilung anhand einer Checkliste mit quantitativen Merkmalen
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• repetitive Bewegungen (Schulter, Arm, Hand, Finger, Dauer, Häufigkeit)</li> <li>• Haltungen und Bewegungen (Art, Dauer)</li> <li>• Kraft (Art, Höhe, Dauer, Häufigkeit, Krafteinleitung)</li> <li>• Erholungsmöglichkeiten (Pausen, andere Tätigkeit)</li> <li>• zusätzliche physikalische Faktoren</li> <li>• zusätzliche psychosoziale Faktoren</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Bewertung der Ausprägung der Einzelmerkmale mit grün – gelb – rot
Kommentar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Checkliste mit quantitativen Merkmalen in Ordinalskalen</li> <li>• keine Bildung eines Gesamtpunktwertes</li> </ul> <p>Die Checkliste ist eine eigenständige Methode, keine Vorstufe zum Berechnungsverfahren gem. lfd. Nr. 02. Es werden unterschiedliche Merkmale berücksichtigt.</p>

<b>Lfd. Nr. 04</b>	
Methodenbezeichnung	Occupational Repetitive Actions - Risk Index - OCRA RI
Autoren, Herausgeber	Colombini, D.; Occipinti, E.; Grieco, A.
Land	Italien
Jahr	2002
Anwender	Konstrukteure und Arbeitsgestalter
Zielstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen für die Arbeitsgestaltung, um arbeitsbedingte Beschwerden der oberen Extremitäten zu vermeiden</li> <li>• Risikobeurteilung</li> </ul>
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsdauer</li> <li>• Häufigkeiten der Haltungen und Bewegungen (Winkel von Schulter, Ellenbogen, Handgelenk, Griffart)</li> <li>• Repetitivität, Zykluszeit</li> <li>• erforderliche Aktionskraft</li> <li>• Erholungsmöglichkeiten (Pausen, andere Tätigkeit)</li> <li>• zusätzliche Belastungsmerkmale (Vibration, lokaler Druck durch Werkzeuge, Handschuhe, Präzisionsarbeit, Taktbindung)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risiko-Bewertung mit drei Stufen: sehr geringes Risiko, geringes Risiko und vorhandenes Risiko</li> </ul>
Kommentar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umfangreicher Leitfaden, speziell für Konstrukteure und Arbeitsgestalter, enthält aber auch Beschwerdefragebögen.</li> <li>• Erfordert eine detaillierte Arbeitsanalyse.</li> <li>• Nur für Tätigkeiten mit hoher Handlungshäufigkeit anwendbar.</li> <li>• Risiko-Index wird auch angewendet bei EN 1005-5 (lfd. Nr. 01) und ISC/CD 11228-3 (lfd. Nr. 02).</li> </ul>

<b>Lfd. Nr. 05</b>	
Methodenbezeichnung	OCRA Check list
Autoren, Herausgeber	Colombini, D.; Occipinti, E.; Grieco, A.
Land	Italien
Jahr	2002
Anwender	
Zielstellung	Verkürzte Methode (gegenüber lfd. Nr. 04) zur Identifikation von Überbelastungen der oberen Extremitäten bei repetitiver Arbeit
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeits-Pausensystem</li> <li>• Armbewegung (Geschwindigkeit, Frequenz, Möglichkeit der Unterbrechung)</li> <li>• Kraft (Häufigkeit, Lasten über 3 kg, Art des Krafteinsatzes, Höhe der Kraft, Schlagen)</li> <li>• Armstellung (Dauer, Intensität)</li> <li>• Hand- und Ellenbogen-Gelenkstellung (Dauer, Intensität)</li> <li>• Griffart</li> <li>• zusätzlichen Belastungsmerkmale (Vibration, lokaler Druck durch Werkzeuge, Handschuhe, Präzisionsarbeit, Taktbindung)</li> <li>• Zeitdauer der zyklischen Tätigkeit pro Schicht</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	vier Beurteilungsstufen: kein, geringes, mittleres und hohes Risiko
Kommentar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Checkliste mit quantitativen Merkmalen in Ordinalskalen,</li> <li>• Bildung eines Gesamtpunktwertes</li> </ul> <p>Die Checkliste ist eine eigenständige Methode, keine Vorstufe zum Berechnungsverfahren gem. lfd. Nr. 04. Es werden unterschiedliche Merkmale berücksichtigt. PC-Programm verfügbar.</p>

<b>Lfd. Nr. 06</b>	
Methodenbezeichnung	Rapid Upper Limb Assessment - RULA
Autoren, Herausgeber	McAtamney, L.; Corlett, E.N.
Land	Großbritannien
Jahr	1993, 2001
Anwender	
Zielstellung	Methode zur Untersuchung von arbeitsbedingten Beschwerden der oberen Extremitäten
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberarmwinkel</li> <li>• Unterarmwinkel</li> <li>• Handgelenkwinkel</li> <li>• Handgelenkverdrehung</li> <li>• statische Haltung oder repetitive Bewegungen</li> <li>• Muskelkraft</li> <li>• Kopfnäigungswinkel</li> <li>• Rumpfnäigungswinkel</li> <li>• Fuß-/Beinabstützung</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wichtung der Merkmale mit Zahlen, Errechnung eines Gesamtpunktwertes nach Tabellen</li> <li>• Bewertung in 4 Stufen: akzeptabel, weitere Untersuchung erforderlich, weitere Untersuchung und baldige Veränderung, Untersuchung und sofortige Veränderung</li> </ul>
Kommentar	<p>Es gibt ein Arbeitsblatt für Arbeitnehmer und ein interaktives Rechnerprogramm.</p> <p>Die Winkelbereiche werden vereinfacht und in Grad angegeben. Es ist eine Haltungsbewertung unter Berücksichtigung grober Körperkräfte. Zeitanteile werden nicht berücksichtigt.</p> <p>Drei Lastgewichtsbereiche: &lt;2 kg, 2-10 kg, &gt;10 kg.</p> <p>PC-Programm verfügbar.</p>

<b>Lfd. Nr. 07</b>	
Methodenbezeichnung	Rapid Entire Body Assessment - REBA
Autoren, Herausgeber	McAtamney, L.; Hignett, S.
Land	Großbritannien
Jahr	1995
Anwender	
Zielstellung	Methode zur Untersuchung von arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Beschwerden
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberarmwinkel</li> <li>• Unterarmwinkel</li> <li>• Handgelenkwinkel</li> <li>• Handgelenkverdrehung</li> <li>• statische Haltung oder repetitive Bewegungen</li> <li>• Muskelkraft</li> <li>• Kopfeigungswinkel</li> <li>• Rumpfeigungswinkel</li> <li>• Fuß-/Beinabstützung</li> <li>• Griff (Kraftübertragung)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wichtung der Merkmale mit Zahlen, Errechnung eines Gesamtpunktwertes nach Tabellen</li> <li>• Bewertung in 5 Stufen: Risiko gering, keine Maßnahmen; Risiko gering, Maßnahmen können möglich sein; Risiko mittel, Maßnahmen notwendig; Risiko hoch, Maßnahmen bald; Risiko sehr hoch, Sofortmaßnahmen</li> </ul>
Kommentar	<p>Weitgehende Ähnlichkeit mit lfd. Nr. 06, aber für Ganzkörperbetrachtung.</p> <p>Die Winkelbereiche werden vereinfacht und in Grad angegeben. Zeitanteile werden nicht berücksichtigt.</p> <p>Drei Lastgewichtsbereiche: &lt;2 kg, 2-10 kg, &gt;10 kg.</p> <p>PC-Programm verfügbar.</p>

<b>Lfd. Nr. 08</b>	
Methodenbezeichnung	(Job) Strain Index - SI
Autoren, Herausgeber	Moore, J.S.; Garg, A.
Land	USA
Jahr	1995
Anwender	
Zielstellung	Methode zur Abschätzung von Risiken im Bereich Hand-Arm- Ellenbogen
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krafteinschätzung nach Borg-Skala</li> <li>• Zeitanteil an der Zykluszeit</li> <li>• Häufigkeit der Kraftaufwendungen pro Minute</li> <li>• Handgelenkstellung</li> <li>• Geschwindigkeit der Arbeitsausführung</li> <li>• Dauer der Tätigkeit pro Arbeitstag</li> <li>• getrennte Bewertung für rechte und linke Hand</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wichtung der Merkmalausprägungen mit Zahlen (Ordinalskalen), Errechnung eines Gesamtpunktwertes durch Multiplikation der Einzelwichtungen</li> <li>• Bewertung in vier Stufen: sicher, ungewiss, risikobehaftet, gefährlich</li> </ul>
Kommentar	Praxisgerechte Merkmalbeschreibung. Einfacher nachvollziehbarer Algorithmus. Durch die multiplikative Verknüpfung der Einzelmerkmale werden aber sehr viele Arbeitsplätze als gefährlich beurteilt.



<b>Lfd. Nr. 09</b>	
Methodenbezeichnung	Upper Limb Disorders in the Workplace Checklist - ULDs Checklist
Autoren, Herausgeber	Health and Safety Executive HSE
Land	Großbritannien
Jahr	1994
Anwender	
Zielstellung	Risikoidentifizierung und -abschätzung
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• große Kraft, verbunden mit ungünstiger Haltung/Bewegung</li> <li>• ungeeignete Werkzeuge</li> <li>• hohe Taktbindung</li> <li>• hohe Repetition</li> <li>• Zeitdruck</li> <li>• Körperhaltung</li> <li>• Arme über Schulterhöhe</li> <li>• keine Änderung der Arbeitsausführung</li> <li>• ungenügende Pausen</li> <li>• ungenügende Einarbeitung</li> <li>• ungenügende Unterweisung</li> <li>• schlechte Beleuchtung</li> <li>• ungünstiges Klima</li> <li>• Vibrationserzeugende Werkzeuge</li> <li>• Vorcheck mit Ausschlusskriterien: Risiko vorhanden, <ul style="list-style-type: none"> <li>- wenn Greifen, Drehen, Bewegen häufig, kraftvoll oder schwierig sind,</li> <li>- wenn aktuelle oder gleichartige Beschwerden vorliegen oder die Arbeitnehmer selbständig ihren Arbeitsplatz angepasst haben.</li> </ul> </li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Identifizierung von Risiken, mögliche Maßnahmen
Kommentar	Umfangreiche Merkmalliste mit psychosozialen Aspekten. Merkmale sind nicht quantifiziert, damit ergibt sich ein großer Spielraum für Beurteiler.

<b>Lfd. Nr. 10</b>	
Methodenbezeichnung	Threshold Limit Value for Mono-Task Handwork - TLV Handwork
Autoren, Herausgeber	American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH <a href="http://umrerc.engin.umich.edu/jobdatabase/RERC2/HAL/TLV_MonoTaskHand.htm">http://umrerc.engin.umich.edu/jobdatabase/RERC2/HAL/TLV_MonoTaskHand.htm</a>
Land	USA
Jahr	?
Anwender	
Zielstellung	Grenzwerte für einseitige Handarbeit zur Vermeidung von arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Beschwerden
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequenz der Handlung</li> <li>• Dauer der Zykluszeit mit mehr als 5 % MVC</li> <li>• Kraft (Unter Berücksichtigung der perzentilen Maximalkraftverteilung und Berücksichtigung weiterer Merkmale, die einen Einfluss auf die Fingerkraft haben können.)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbildung der Zeit/Häufigkeit in einer 10stufigen Ordinalskale (Hand Activity Level – HAL) und der Krafthöhe in einer 10stufigen Ordinalskale (normalized Peak Force)</li> <li>• Bewertung nach einem Diagramm in drei Bereichen: akzeptabel, (nicht bezeichneter) Übergangsbereich, unakzeptabel</li> </ul>
Kommentar	Beschränkung auf Einzelverrichtung. Klarer Dosis-Wirkungsbezug. Nutzung unterschiedlicher Bestimmungsverfahren der Krafthöhe. Praxisgerechte Erläuterungen zur Kraftbestimmung. PC-Programm verfügbar.

<b>Lfd. Nr. 11</b>	
Methoden- bezeichnung	Beurteilung der physischen Belastung der oberen Extremitäten (Assessment of physical load on the upper extremities)
Autoren, Herausgeber	Ketola, R.; Toivonen, R.; Viikari-Juntura, E.
Land	Finnland
Jahr	2001
Anwender	
Zielstellung	Beschreibung und Beurteilung der Belastung von Finger, Hand, Arm
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zyklusdauer</li> <li>• Zykluszeit</li> <li>• Zyklushäufigkeit</li> <li>• Anteil der repetitiven Bewegungen an der Zykluszeit</li> <li>• Gewicht der Last oder Werkzeuge</li> <li>• Griffart</li> <li>• Handgelenkstellung</li> <li>• Oberarmstellung</li> <li>• getrennte Bewertung für rechte und linke Hand</li> <li>• zusätzliche Belastungsmerkmale (Druckeinwirkung durch ungünstige Werkzeuge oder Materialien, Vibration, Kälte, Handschuhe)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Addition der Anzahl von kritischen Merkmalen zu einer möglichen Summe von 0-5</li> <li>• Je höher die Summe, desto höher ist die Belastung</li> </ul>
Kommentar	Checkliste mit unterstützenden Kriterien

<b>Lfd. Nr. 12</b>	
Methodenbezeichnung	Quick Exposure Check - QEC
Autoren, Herausgeber	Li., G.; Buckle, P., The Robens Centre for Health Ergonomics
Land	Großbritannien
Jahr	1998
Anwender	
Zielstellung	Beurteilung der Belastung, Abschätzung von Beschwerden der oberen Extremitäten
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rumpfhaltung (statisch/dynamisch, Häufigkeit)</li> <li>• Schulter-Arm-Stellung und -Bewegung (Art und Häufigkeit)</li> <li>• Hand-Handgelenk-Stellung und -Bewegung (Art und Häufigkeit)</li> <li>• Kopfhaltung</li> <li>• Lastgewicht</li> <li>• Arbeitsdauer mit repetitiven Handlungen</li> <li>• Höhe der Kraft bei einhändiger Arbeit</li> <li>• Sehanforderungen</li> <li>• Führen von Fahrzeugen</li> <li>• Vibration</li> <li>• individuelle Überforderung mit der Arbeitsgeschwindigkeit</li> <li>• Anstrengung (subjektive Wahrnehmung)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	getrennte Punktwerte für Rumpf, Schulter/Arm, Hand, Nacken, Fahren, Vibration, Arbeitstempo und Stress
Kommentar	Beurteilungen durch Beobachter und Arbeitnehmer

<b>Lfd. Nr. 13</b>	
Methoden- bezeichnung	1. Modell zur Identifikation und Beurteilung monotoner repetitiver Arbeit 2. Modell zur Identifikation und Beurteilung von sitzender, stehender Position und Gehen
Autoren, Herausgeber	Swedisch National Board of OSH, AFS 1998:1
Land	Schweden
Jahr	1998
Anwender	
Zielstellung	Identifikation und Beurteilung monotoner repetitiver Arbeit
Merkmale	<u>Zu 1.</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetitivität</li> <li>• Dauer pro Schicht</li> <li>• Haltung und Bewegung</li> <li>• Handlungsspielraum</li> <li>• Einseitigkeit der Arbeitsaufgabe</li> <li>• zusätzliche Belastungsmerkmale (Kraft, Präzision, Geschwindigkeit, ungünstige Werkzeuge oder Materialien, Entlohnung, Störungen, soziale Unterstützung)</li> </ul> <u>Zu 2.</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nacken (Kopfneigung und -drehung)</li> <li>• Rücken (Neigung und Drehung)</li> <li>• Schulter/Arm (über Schulterhöhe, vorgehalten)</li> <li>• Beine (Beinraum eingeschränkt, keine Fußstützen)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewertung der Ausprägung der Einzelmerkmale mit grün – gelb – rot</li> <li>• Zusatzfaktoren werden nicht bewertet</li> <li>• getrennte Betrachtung beider Modelle</li> </ul>
Kommentar	Verbale Merkmalbeschreibungen

<b>Lfd. Nr. 14</b>	
Methodenbezeichnung	WAC 296-62-05174 Appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards ....Caution Zone Checklist und Hazard Zone Checklist
Autoren, Herausgeber	Washington State Department of Labor and Industries, Washington Industrial Safety and Health Act - WISHA Services
Land	USA
Jahr	2001?
Anwender	
Zielstellung	Identifizierung von Risiken
Merkmale	<p>Die Merkmale betreffen alle Formen der physischen Belastung. Sie sind gegliedert in: - ungünstige Haltung, - hohe Handkräfte, - Griffart, - hochrepetitive Bewegungen, - wiederholtes Schlagen, - schweres und häufiges Heben, - erhöhte Hand-Arm-Vibration. Hier sind nur die Merkmale mit Bezug zur repetitiven Handarbeit aufgeführt:</p> <p><u>Caution Zone Checklist</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hände über Schulterhöhe, &gt;2 Stunden</li> <li>• Kopfneigung mehr als 30°, &gt;2 Stunden</li> <li>• Halten (Fingergriff), &gt;2 oder 4 lbp, &gt;2 Stunden</li> <li>• Kraftgriff (Arbeit mit Zangen), &gt;10 lbp Schließkraft, &gt;2 Stunden</li> <li>• gleichartige Bewegungen, &gt;2 Stunden</li> <li>• intensive Tastaturbedienung, &gt;4 Stunden</li> <li>• wiederholtes Schlagen, &gt;10 min<sup>-1</sup>, &gt;2 Stunden</li> </ul> <p><u>Hazard Zone Checklist</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hände über Schulterhöhe, &gt;4 Stunden, &gt;1 min<sup>-1</sup></li> <li>• Kopfneigung mehr als 45°, &gt;4 Stunden</li> <li>• Halten (Fingergriff), &gt;2 oder 4 lbp + hohe Repetition, &gt;3 Stunden</li> <li>• Halten (Fingergriff), &gt;2 oder 4 lbp + starke Handgelenkabwinkelung &gt;3 Stunden</li> <li>• Fingerzufassunggriff, &gt;4 Stunden</li> <li>• Kraftgriff &gt;10 lbp Schließkraft, &gt;3 Stunden</li> <li>• Kraftgriff &gt;10 lbp Schließkraft, + starke Handgelenkabwinkelung &gt;3 Stunden</li> <li>• gleichartige Bewegungen, &gt;2 Stunden + starke Handgelenkabwinkelung</li> <li>• gleichartige Bewegungen, &gt;6 Stunden</li> <li>• intensive Tastaturbedienung, &gt;4 Stunden + starke Handgelenkabwinkelung</li> <li>• intensive Tastaturbedienung, &gt;7 Stunden</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Benennung der Risikomerkmale, Hinweise auf Umgestaltung, keine Gesamtbewertung
Kommentar	Merkmale werden stark vereinfacht und durch diskrete Messwerte erläutert. Wechselwirkungen und Synergieeffekte müssen vom Untersucher erkannt werden.

<b>Lfd. Nr. 15</b>	
Methodenbezeichnung	Instrument for assessing Repetitive Motions at Work
Autoren, Herausgeber	Netherlands Institute for the Working Environment - NIA
Land	Niederlande
Jahr	1995
Anwender	
Zielstellung	Risikoidentifizierung und -abschätzung
Merkmale	<p><u>Non-expert Checklist</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Last</li> <li>• Handbewegung (über Schulterhöhe, Reichweite häufig über 50 cm)</li> <li>• Kraft nahe der individuellen Maximalkraft</li> <li>• Arbeitsgeschwindigkeit nahe der maximal möglichen</li> </ul> <p><u>Expert-Checklist</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetition</li> <li>• Arbeitsgeschwindigkeit</li> <li>• Leistungslohn</li> <li>• Haltung (9 Merkmale zu Hand, Ellenbogen, Schulter, Nacken)</li> <li>• Krafthöhe &gt;15 % MVC</li> <li>• Schlagen, Drücken,</li> <li>• (geringe) Pausen</li> <li>• Zeitdauer der repetitiven Arbeit pro Tag</li> <li>• hohe Geschwindigkeit</li> <li>• Druck durch Werkzeuge auf die Hand</li> <li>• Kälte</li> <li>• schlechte Sehbedingungen</li> <li>• Vibration</li> <li>• Handschuhe</li> <li>• Vorcheck mit Ausschlusskriterien: wahrscheinlich kein Risiko vorhanden, wenn Dauer &lt;1 h für kontinuierliche und &lt;2 h für repetitive Arbeit</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insgesamt müssen in der Experten-Checkliste 25 Fragen beantwortet werden.</li> <li>• &lt;3 nein: akzeptabel, 3-5 nein: begrenztes Risiko, Verbesserung empfohlen, &gt;5 gefährliche Arbeit, Verbesserungen sind erforderlich</li> </ul>
Kommentar	Merkmale werden stark vereinfacht und durch diskrete Messwerte erläutert. Wechselwirkungen und Synergieeffekte müssen vom Untersucher erkannt werden.

<b>Lfd. Nr. 16</b>	
Methodenbezeichnung	Cumulative Trauma Disorders Risk Index - CTD Risk Index
Autoren, Herausgeber	Center of Cumulative Trauma Disorders Research at the Pennsylvania State University: (Seth, V.; Weston, R.L.; Freivalds, A.)
Land	USA
Jahr	1999
Anwender	
Zielstellung	Identifikation und Bewertung möglicher Risiken für arbeitsbedingte Beschwerden der oberen Extremitäten
Merkmale	<p><u>Häufigkeitsfaktor Checkliste</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauer pro Schicht</li> <li>• Zyklusdauer</li> <li>• Anzahl der Zyklen</li> <li>• Handspanne</li> <li>• Aktionskraft (% MVC)</li> <li>• Arbeitszeit-Pause pro Zyklus</li> <li>• Anzahl der repetitiven Bewegungen</li> <li>• Griffart</li> <li>• Handgelenk (Flexion/Extension/Radial-/Ulnarabduktion)</li> </ul> <p><u>Haltungsfaktor Checkliste</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulter (Extension/Abduktion)</li> <li>• Ellenbogen (Flexion/Extension)</li> <li>• Rücken (Flexion/Extension)</li> <li>• Nacken (Flexion/Extension)</li> <li>• Lastgewicht</li> <li>• Dauer</li> <li>• Ausdauer (% Ausdauerkapazität)</li> <li>• Getrennte Einstufung für rechte und linke Hand</li> </ul> <p><u>Checkliste weiterer Faktoren</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vibration</li> <li>• Temperatur</li> <li>• Handschuhe</li> <li>• kein Job-Rotation</li> <li>• kein Training</li> <li>• Leistungslohn</li> <li>• Zyklusdauer</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Merkmale der drei Checklisten werden in die Eingabemaske eines PC-Programms eingetragen und daraus wird ein Gesamtpunktwert berechnet. Der Rechenweg ist für den Nutzer nicht einsehbar.</li> <li>• Die Variablen und der Gesamtpunktwert sind physiologisch, biomechanisch und epidemiologisch begründet.</li> </ul>
Kommentar	Es liegt eine umfangreiche wissenschaftliche Begründung mit mathematischer Modellierung vor. Das PC-Programm wird über The ErgoIntelligence™ Upper Extremity Assessment (UEA) vertrieben.



<b>Lfd. Nr. 17</b>	
Methodenbezeichnung	Checkliste zur Bewertung von Risikofaktoren für CTD
Autoren, Herausgeber	Keyserling, W.M.; Stetson, D.S.; Silverstein, B.A.; Brouwer, M.L
Land	
Jahr	1993
Anwender	
Zielstellung	Identifikation und Bewertung möglicher Risiken für arbeitsbedingte Beschwerden der oberen Extremitäten
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetitivität (Zykluszeit und Dauer)</li> <li>• Druck durch Werkzeuge (Hand, Arm)</li> <li>• Schlagen</li> <li>• Kraft (Heben, Tragen, Ziehen, Schieben: Gewicht &gt;4,5 kg)</li> <li>• Griff (erschwerter Krafteinleitung)</li> <li>• Krafteinleitung durch Finger</li> <li>• Halten (&gt;2,7 kg)</li> <li>• Handgelenkstellung</li> <li>• Unterarmverdrehung</li> <li>• Armhaltung (angehoben, hinter dem Rumpf)</li> <li>• Vibration</li> <li>• Kälte</li> <li>• schnelle Fingerbewegung</li> <li>• getrennte Einstufung für rechte und linke Hand</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einstufung der Merkmale in „nein“, „manchmal“ oder „mehr als <math>\frac{1}{3}</math> der Zykluszeit“</li> <li>• getrennte Addition der Einstufung in „manchmal“ oder „mehr als <math>\frac{1}{3}</math> der Zykluszeit“. Anschließend Multiplikation der Einzelsummen zu einem Gesamtpunktwert</li> </ul>
Kommentar	Checkliste mit unterstützenden Kriterien

<b>Lfd. Nr. 18</b>	
Methodenbezeichnung	Survey Methods
Autoren, Herausgeber	Rodgers, S.H.: Ergonomic design for people at work, by: The Ergonomic Group, Health and Environment Laboratories, Eastman Kodak Company
Land	USA
Jahr	1986
Anwender	Betriebliche Ergonomen
Zielstellung	Ergonomische Gestaltung, Survey
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• biomechanisch (Armhaltung, Gewichte, Kräfte, Objektabmessung)</li> <li>• Bewegungen (Frequenz, Dauer, Geschicklichkeits-/Koordinations-Anforderung)</li> <li>• Zeit (Arbeitsablauf, Verteilung von leichter und schwerer Arbeit, Zeitdruck, erhöhte Anforderungen)</li> <li>• Arbeitsumwelt (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit, Lärm, Beleuchtung, Schichtsystem, Überstunden, andere physikalische und chemische Faktoren, Schutzkleidung)</li> <li>• Mentale und Wahrnehmungsanforderung (Sehen, Hören, Komplexität, Informationsverarbeitung, Entscheidung, Taktbindung)</li> <li>• Produktivität (Arbeitsleistung, Pausen, Ausschuss, Arbeitsunterbrechungen)</li> <li>• Qualität, Fehler (unerkannte Mängel, unzulässige Aktionen, unvollständige Arbeit)</li> <li>• physischer Aufwand (Herzfrequenz, Blutdruck, Sauerstoffverbrauch, EMG, psychophysiologische Wahrnehmung, Körpertemperatur, Ermüdung)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Differenzierte Beschreibung der Belastung, Ableitung von Gestaltungserfordernissen, keine Bewertung, keine Bildung eines Risikoindexes
Kommentar	Arbeitsmittel für betriebliche Ergonomen

<b>Lfd. Nr. 19</b>	
Methodenbezeichnung	Arbeitswissenschaftlichen Erhebungsverfahrens zur Tätigkeitsanalyse zum Anforderungsbereich Handlung - H-AET
Autoren, Herausgeber	Rohmert, W.; Landau, K.
Land	Deutschland
Jahr	1979
Anwender	
Zielstellung	Tätigkeitsbeschreibung und -analyse, Skalierung der Merkmale, Tätigkeitsprofile
Merkmale	<p><u>Statische Belastung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• statische Haltearbeit (Lage des Kraftangriffspunktes, Kraftaufwand und Zeitdauer, Richtung, beidhändig/einhändig)</li> <li>• statische Haltungsarbeit Stehen (Rumpfhaltung, Kopfhaltung, Armhaltung, Richtung der Kraft, Stützen, Unterbrechung der Haltung)</li> <li>• statische Haltungsarbeit Sitzen (Sitzmöglichkeit, Rumpfhaltung, Kopfhaltung, obere Extremitäten, Zusatzstützen, untere Extremitäten, Unterbrechungshäufigkeit)</li> <li>• Einstufungshilfen für statische Belastung</li> </ul> <p><u>Dynamische Arbeit</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einseitige dynamische Arbeit (Bewegungskategorien, -elemente, -länge, -frequenz, -typ, -richtung, Kraftaufwand, Lage)</li> <li>• Schätzhilfen zur Beurteilung</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Beschreibung der Belastung
Kommentar	Die Merkmale sind unterschiedlich skaliert: ja/nein, Dauer, Häufigkeit, Wichtigkeit, sonstige. Die Methode ist arbeitswissenschaftlich/technologisch orientiert.

<b>Lfd. Nr. 20</b>	
Methodenbezeichnung	Manual Task Risk Assessment Tool - ManTRA V 2.0
Autoren, Herausgeber	Burgess-Limerick, R.; Straker, L.; Pollock, C.; Egeskov, R.
Land	Australien
Jahr	2000/2004
Anwender	
Zielstellung	Risikobeurteilung, Risikoidentifizierung, Unterstützung für Inspektoren
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamtdauer der Tätigkeit pro Schicht</li> <li>• Arbeitsdauer mit repetitiven Handlungen</li> <li>• Zyklusdauer</li> <li>• Aktionskraft</li> <li>• Bewegungsgeschwindigkeit</li> <li>• Körperhaltung</li> <li>• Vibration</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skalierung jedes Merkmals mit einem Punktwert von 1 bis 5 (sehr gering bis sehr hoch)</li> <li>• Bildung von zwei Punktwerten für „repetition risk“ (Tabellenwert aus den zwei Merkmalen Dauer der repetitiven Arbeit bis zu einer Unterbrechung und Zyklusdauer) und „exertion risk“ (Tabellenwert aus den zwei Merkmalen Aktionskraft und Bewegungsgeschwindigkeit)</li> <li>• Bildung eines (kumulativen) Punktwertes durch Addition von 5 Merkmalen</li> </ul>
Kommentar	Anwendung auch durch Arbeitnehmer möglich, eindeutige Beschreibung der Merkmale, konsistente Beurteilung, praxisnah

<b>Lfd. Nr. 21</b>	
Methodenbezeichnung	Risk Filter for HSG60 (rev)
Autoren, Herausgeber	Graves, R.; Way, K.; Riley, D.; Health & Safety Laboratories Sheffield
Land	Großbritannien
Jahr	2002
Anwender	
Zielstellung	Identifikation von Risiken für die oberen Extremitäten
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gesundheitlich Symptome (Fälle von ULD's, Beschwerden, improvisierte Anpassungen des Arbeitsplatzes)</li> <li>• Repetition für &gt;2 h (Wiederholung nach wenigen Sekunden, Wiederholung von Tätigkeitssequenzen häufiger als 2 mal pro Minute, gleiche Sequenz mehr als die Hälfte der Zykluszeit)</li> <li>• Körperhaltung für &gt;2 h (weite Bewegung seitlich oder auf und ab, extreme Gelenkstellungen, fixierte Position, Verdrehungen, Arbeiten über Kopf)</li> <li>• Aktionskraft anhaltend oder wiederholt für &gt;2 h (Ziehen, Schieben, Greifen, Pinchgriff, Halten, Schlagen, lokale Druckeinwirkung)</li> <li>• Vibration</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Wenn eine Frage mit „ja“ beantwortet wird, ist eine vollständige Risikobeurteilung nach lfd. Nr. 22 erforderlich.
Kommentar	Checkliste mit erläuternden Hinweisen

<b>Lfd. Nr. 22</b>	
Methodenbezeichnung	Risk Assessment Worksheet for HSG60 (rev)
Autoren, Herausgeber	Graves, R.; Way, K.; Riley, D.; Health & Safety Laboratories Sheffield
Land	Großbritannien
Jahr	2002
Anwender	
Zielstellung	Differenzierte Beschreibung der Risikofaktoren, Risikobeurteilung
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetition (6 Merkmale: Wiederholung in wenigen Sekunden, Zyklushäufigkeit &gt;2/min, intensive Bewegung von Finger, Hand, Schulter, Arm)</li> <li>• Haltung/Bewegung von Finger und Hand (12 Merkmale: häufige oder andauernde Flexion/Extension, Radial-/Ulnarabduktion, Verdrehung, Kraftgriff, statische Haltung &gt;2 h, ungünstige Werkzeuge, schlechte Greifbarkeit)</li> <li>• Haltung/Bewegung von Schulter und Arm (7 Merkmale: Arbeit über Kopf, repetitive Abduktion des Oberarms, Halten des Arms ohne Unterstützung, statische Haltung &gt;2 h, sonstige ungünstige Haltungen)</li> <li>• Haltung /Bewegung von Kopf/Nacken (4 Merkmale: repetitive Flexion/Extension oder Verdrehung, statische Flexion/Extension oder Verdrehung &gt;2 h, ungünstige Kopfhaltungen infolge hoher Sehanforderungen oder schlechter Erkennbarkeit)</li> <li>• Kraft (9 Merkmale: repetitive od. statische Kraftaufbringung, Pinchgriff, Druck mit Fingerspitze od. Handfläche, rep. Kraftaufwendung für Werkzeugbedienung, Drehen, Schlagen, körperferne Kraftaufwendung, Handschuhe, lokale Druckeinwirkung)</li> <li>• Arbeitsumwelt (4 Merkmale: Vibration, unerwartete Bewegungen/Kräfte, Kälte, kalte Werkstücke)</li> <li>• psychosoziale Faktoren (10 Merkmale: Taktbindung, schneller arbeiten zum früher fertig sein, Überforderung, mangelnde Unterstützung durch Vorgesetzte, Überstunden, Schichtarbeit, Konzentration, Handlungsspielraum, Zeitdruck, wechselnde Arbeitsaufträge, Training)</li> <li>• Individuelle Differenzen (4 Merkmale: Neuling, Rückkehrer, Geschicklichkeit, leistungsgemindert, krank)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liste der Engpässe mit möglichen und erforderlichen Maßnahmen</li> <li>• keine zusammenfassende Beurteilung</li> </ul>
Kommentar	viele Merkmale, verbale Erläuterungen z.T. mit Zahlen, keine Wichtung der Merkmale

<b>Lfd. Nr. 23</b>	
Methodenbezeichnung	OSHA-Draft Standard for Prevention of work-related MSD, Part A Upper Extremity Risk Factors
Autoren, Herausgeber	Schneider, S.
Land	USA
Jahr	1995
Anwender	
Zielstellung	Vermeidung von Muskel-Skelett-Erkrankungen, differenziert nach obere Extremitäten, Rücken/untere Extremitäten und Lastenhandhabung
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsdauer</li> <li>• Einwirkungszeit der nachfolgenden Faktoren: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repetition (Bewegungswiederholung &gt;15 s, intensive Tastaturbedienung, intermittierende Tastaturbedienung für 50-75 % der Arbeitszeit)</li> <li>- Handkraft (Halten mit Kraftgriff &gt;5 kg, Halten mit Pinchgriff &gt;1 kg)</li> <li>- ungünstige Körperhaltungen (Kopfvor- und -seitneigung &gt;20°, Kopfrückneigung &gt;5°, nicht abgestützter Arm bei feinmotorischer Arbeit oder wenn Arm angehoben, Unterarmdrehung, Handgelenkwinkel &gt;20 bzw. 30°, kraftvolle Fingerbewegung)</li> <li>- Druckeinwirkung</li> <li>- Vibration (Teil- und Ganzkörpervibration)</li> <li>- Arbeitsumwelt (schlechte Beleuchtung, Kälte)</li> <li>- Taktbindung</li> </ul> </li> </ul> <p><u>zusätzliche Ergänzung aus Teil B Back and Lower Extremity Risk Factors</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungünstige Rumpfhaltung (Vor-, Rück- und Seitneigung, Verdrehung, Fußstütze)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Merkmale werden in Abhängigkeit von der Arbeitsdauer gewichtet.</li> <li>• Bildung eines Gesamtpunktwertes durch Addition der Wichtungszahlen.</li> </ul>
Kommentar	

<b>Lfd. Nr. 24</b>	
Methodenbezeichnung	A computer-based job analysis system to reduce CTD
Autoren, Herausgeber	Johnson, S.L.; Dime, M.M.; Brown, S.A.; Hardcastle, J.B.
Land	USA
Jahr	1996
Anwender	Arbeitsvorbereiter
Zielstellung	Arbeitsanalyse
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitnehmer (Geschlecht, Gewicht, Körperhöhe)</li> <li>• Pausensystem</li> <li>• alternative Tätigkeiten im Job-Rotation System</li> <li>• Werkzeug (Art, Gewicht, Bedienkräfte, Art der Bedienung)</li> <li>• vollständige Tätigkeitsauflistung (Art, Dauer, Häufigkeit)</li> <li>• Vibration</li> <li>• Arbeitsumwelt (Raumtemperatur, Werkstücktemperatur, Taktbindung, Körperschutzmittel, Handschuhe)</li> <li>• physische Anforderungen (Art, Lastgewicht, Kraftrichtung, Bewegungsgeschwindigkeit, Dauer, Häufigkeit)</li> <li>• Oberarmposition (Anfangs- und Endposition, statische Haltung, repetitive Bewegungen, Abstützungen, rechts und links gesondert betrachtet)</li> <li>• Ellenbogenposition dreidimensional (Anfangs- und Endposition, statische Haltung, repetitive Bewegungen, Abstützungen, rechts und links gesondert betrachtet)</li> <li>• Handposition dreidimensional (Anfangs- und Endposition, statische Haltung, repetitive Bewegungen, rechts und links gesondert betrachtet, Form der Krafteinleitung/Griff, Druckeinwirkung)</li> <li>• Rückenposition dreidimensional (Anfangs- und Endposition)</li> <li>• Sitzen, Knien, Hocken, Stehen (Häufigkeit, Pedalbedienung, Fußstützen, Beinraum, Sitzgestaltung, Standfläche, Druckeinwirkung)</li> <li>• Heben (Lage des Schwerpunktes bei Anfang und Ende des Vorgangs, Griffqualität, einhändig/beidhändig, Stabilität der Last, Pausen)</li> <li>• Ziehen, Schieben, Tragen (Dauer, Distanz, Kraft, Lage der Krafteinleitungsstelle)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammengefasste Darstellung der Ergebnisse mit Kommentar zur Belastungshöhe.</li> <li>• Darstellung in der OSHA - Checklisten A, B und C</li> </ul>
Kommentar	Umfangreiche Merkmale, differenzierte Eingabemasken, PC-Programm enthält Logikprüfung, mehrere unterschiedliche Bewertungssysteme, Zielgruppe sind Arbeitsvorbereiter.



<b>Lfd. Nr. 25</b>	
Methodenbezeichnung	Ohne (Repetitive Motion Injury Potential of Industrial Jobs)
Autoren, Herausgeber	Drury, C.G.; State University of New York, Buffalo
Land	USA
Jahr	1987
Anwender	
Zielstellung	Differenzierte Beschreibung der Risikofaktoren
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufigkeit pro Los <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumpf (Rotation, Seitneigung, Flexion/Extension)</li> <li>- Nacken (Rotation, Seitneigung, Flexion/Extension)</li> <li>- Schulter (Rotation, Abduktion/Adduktion, Flexion/Extension)</li> <li>- Ellenbogen (Flexion)</li> <li>- Unterarm (Pronation/Supination)</li> <li>- Handgelenk (Flexion/Extension, Radial-/Ulnarabduktion)</li> <li>- Beine</li> <li>- Haltung (Sitzen/Stehen, Armauflage, Fußpedal, Rückenstützung)</li> <li>- Griffart</li> <li>- Kraft (Drücken/Ziehen, herauf/hinab, hinaus/hinein, Kraftausübung mit Fingerdruck)</li> <li>- Vibration</li> <li>- Schlagen/Stoßen</li> <li>- Beleuchtung (Helligkeit, Blendung)</li> </ul> </li> <li>• getrennte Einstufung für rechte und linke Hand</li> <li>• getrennte Einstufung für mehrere Teiltätigkeiten</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haltungen werden in Abhängigkeit der (Gelenk-)Winkel in vier Stufen eingeordnet</li> <li>• Darstellung als Belastungsmatrix</li> <li>• Bildung eines Risikowertes für das Handgelenk (Daily Damaging Wrist Motions (DDWM) durch Addition der Häufigkeit der ungünstigen Gelenkwinkel</li> <li>• Ergänzung durch Fragebogen zur individuellen Belastungs-/Schmerzwahrnehmung in 11 Körperbereichen. Bildung eines Quotienten durch Addition der Anzahl der Schmerzbereiche und Division durch die mögliche Gesamtzahl.</li> </ul>
Kommentar	Haltungsanalyse soll mit Messwerten erfolgen. Keine vergleichende Risikobewertung.

<b>Lfd. Nr. 26</b>	
Methodenbezeichnung	New Production Worksheet – NPW V 5.0g
Autoren, Herausgeber	Opel Rüsselsheim/ Schaub, K.; Storz, W.
Land	Deutschland
Jahr	2004
Anwender	
Zielstellung	Beurteilung der Arbeitsbelastung, Unterstützung der Arbeitsgestalter
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdauer</li> <li>• Häufigkeit</li> <li>• Körperhaltung (Stehen, Sitzen, Knien, Hocken, Rumpfbeugung und -neigung, Armhaltung)</li> <li>• Rumpfvendrehung, Rumpfsseitneigung</li> <li>• körperferne Armhaltung</li> <li>• Handgelenkstellung</li> <li>• Fingerbelastung</li> <li>• Aktionskraft</li> <li>• Schlagen</li> <li>• andere (Lastenhandhabung, ...)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Merkmale werden in Abhängigkeit von der Intensität und Arbeitsdauer gewichtet.</li> <li>• Bildung eines Gesamtpunktwertes durch Addition der Wichtigkeitszahlen</li> </ul>
Kommentar	Kein spezieller Bezug zu den oberen Extremitäten, ganzheitliche Beurteilung der physischen Belastung. Es gibt bereits spätere Versionen, vgl. lfd. Nr. 27.

<b>Lfd. Nr. 27</b>	
Methodenbezeichnung	Beurteilung körperlicher Belastung (IAD-BkB© V1.3.5)
Autoren, Herausgeber	Institut für Arbeitswissenschaft, Universität Darmstadt
Land	Deutschland
Jahr	2006
Anwender	
Zielstellung	Beurteilung der Arbeitsbelastung, Unterstützung der Arbeitsgestalter
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdauer/Häufigkeit (Einzelskalen für die nachstehenden Faktoren) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbeitsorganisation (variabel, vorgegeben, Taktbindung)</li> <li>- Körperhaltung (Stehen, Sitzen, Knien, Hocken, Rumpfbeugung und -neigung, Armhaltung)</li> <li>- Rumpfverdrehung, Rumpfseitneigung</li> <li>- Aktionskräfte (Einleitung durch: Handballen, Faustschluss, Daumen-Finger, Zangengriff)</li> <li>- Schlagen, Vibration</li> <li>- Ganzkörperkräfte</li> <li>- Haltung und Lage der Wirkungspunkte (Kraftrichtung, Haltung)</li> <li>- Art der Tätigkeit und Häufigkeit der Bewegung</li> <li>- Restriktionen bei der Haltung</li> </ul> </li> <li>• Handgelenkstellung (Winkel, Greifart, Zeitdauer)</li> <li>• Schlagen</li> <li>• andere (Lastenhandhabung, Ausführungsbedingungen)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Merkmale werden in Abhängigkeit von der Arbeitsdauer gewichtet.</li> <li>• Bildung eines Gesamtpunktwertes durch Addition der Wichtungszahlen</li> </ul>
Kommentar	Kein spezieller Bezug zu den oberen Extremitäten, ganzheitliche Beurteilung der physischen Belastung.

<b>Lfd. Nr. 28</b>	
Methodenbezeichnung	Ohne (dreiteilig: Screening, Observation, Fragebogen)
Autoren, Herausgeber	Malchaire, J.B.; Cock, N.A.
Land	Belgien
Jahr	1999
Anwender	
Zielstellung	Risikovermeidungs- und Kontrollstrategie für Beschwerden der oberen Extremitäten, Anliegen ist mehr Gesprächsleitfaden als Risikoabschätzung
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phase I: Screening (7 Merkmale) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unfälle im Bereich Nacken, Schulter, Arm, Hand, - Klagen der Arbeitnehmer über Schmerzen im Bereich Nacken, Schulter, Arm, Hand, - dieselben Bewegungen und Handlungen werden minütlich wiederholt, - sehr hohes Arbeitstempo, - sehr unbequeme Arbeitshaltung: Verdrehung, Anheben, Abknicken/Dehnen des Handgelenkes, - starke und wiederholte Beanspruchung der Handgelenke, - Beanspruchung durch Befestigen, Greifen, Drücken, Schlagen</li> </ul> </li> <li>• Phase II: Beobachtung (24 Merkmale) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kopfstellung (Rotation, Beugen, Abknicken, Dehnung),</li> <li>- vorgegebene Körperhaltung, - Armhaltungen angehoben oder hinter dem Körper, - Verdrehung des Unterarms, - extreme Handgelenkstellungen, - Griffart, - Werkstücke &gt;2 kg, Werkzeuge &gt;1 kg, glatte Oberfläche, schwer zu greifen, - durch mit Fingerspitzen, - statische Körperhaltung &gt;1 min, - plötzlich anstrengende Tätigkeit, - dieselben Bewegungen, - schnelle Bewegungen, - Druckeinwirkung, - Schlagen, - ungeeigneter Werkzeuggriff, - Vibration, - kalte oder zugige Umgebung, - Handschuhe, - Krafteinwirkungen auf Hand und Ellenbogen durch Werkzeuge</li> </ul> </li> <li>• Phase III: Zusatzfragen zu jedem Merkmal der Phase II: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zutreffend für Nacken, Schulter, Ellenbogen Hand, - Häufigkeit des Zutreffens (nie, manchmal, häufig, immer), - mögliche Maßnahmen zur Vermeidung, - erwartete Häufigkeit des Auftretens nach der Maßnahme</li> </ul> </li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Beantwortung der Fragen, Thematisierung von Problemen
Kommentar	Keine Differenzierung von Intensität, Mischung zwischen Belastungsbeschreibung und Beschwerdenerfassung, einige Merkmale sind begrifflich und hinsichtlich ihrer Bedeutung unverständlich (wegen Übersetzung?).

<b>Lfd. Nr. 29</b>	
Methodenbezeichnung	Method assigned for the identification of ergonomic hazards - PLIBEL
Autoren, Herausgeber	Kemmlert, K.
Land	Schweden
Jahr	1995
Anwender	
Zielstellung	Checkliste zur Identifikation von Risiken für fünf unterschiedliche Körperregionen
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereich Schulter-Nacken <ul style="list-style-type: none"> <li>- begrenzter Bewegungsraum, - ungeeignete Werkzeuge,</li> <li>- ungünstige Arbeitshöhe, - ungeeigneter oder schlecht eingestellter Sitz, - Rumpfhaltung (Flexion, Seitneigung, Verdrehung), - Nackenhaltung (Flexion, Extension, Seitneigung, Verdrehung), - Heben von Lasten (Häufigkeit, Gewicht, Greifbarkeit, ungünstige Lage), - körperfernes Arbeiten ohne Armabstützung, - Repetition, - wiederholte Kraftaufwendungen, - hohe Sehanforderungen</li> </ul> </li> <li>• Bereich Ellenbogen-Unterarm-Hand <ul style="list-style-type: none"> <li>- begrenzter Bewegungsraum, - ungeeignete Werkzeuge, - Repetition - wiederholte Kraftaufwendungen, - repetitive Bewegungen (drehen, kraftvoll, unkomfortabel, Schalter- oder Tastaturbedienung)</li> </ul> </li> <li>• Weitere Merkmale <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pausen, - Möglichkeit des Tätigkeitswechsels, - Zeitdruck, - Stress, - unerwartete Situationen, - Kälte, - ungünstige Sehbedingungen, - Schlagen, Vibration</li> </ul> </li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	
Kommentar	methodischer Vergleich/Abgleich mit AET (lfd. Nr. 19)

<b>Lfd. Nr. 30</b>	
Methodenbezeichnung	Risk Identification Checklist - National Code of Practice for the Prevention of Occupational Overuse Syndrome NOHSC:2013 (1994)
Autoren, Herausgeber	
Land	Australien
Jahr	1994
Anwender	Arbeitgeber/Inspektion und Arbeitnehmer
Zielstellung	Risikoidentifikation und -beurteilung
Merkmale	<p><u>Risikoidentifikation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arbeitsaufgabe</b> häufige Handlung in ungünstigen Haltungen (über Schulter, unterhalb Mitte Oberschenkel, Heben über 25 cm, Seitneigung, Verdrehung), - statische Haltearbeit &gt;10 s, - ungünstige Haltung Nacken oder Arm, - Dauer dieser oder ähnlicher Tätigkeiten &gt;1 h, - Wiederholungen häufiger als 1 mal in 5 Minuten</li> <li>• <b>Last</b> Art der Lastenhandhabung, - Körperhaltung, - Lastgewicht, - Lastmerkmale (sperrig, instabil, schlecht greifbar, scharfkantig, heiß/kalt), - ungeeignete Werkzeuge</li> <li>• <b>Arbeitsumwelt</b> ungünstige Arbeitsplatzgestaltung, - begrenzter Bewegungsraum, - Kälte, - ungünstige Sehbedingungen, - Bodenbeschaffenheit</li> <li>• <b>Arbeitsorganisation</b> Stoßarbeit, - hohe Arbeitsgeschwindigkeit, - Personalknappheit, - Leistungslohn, Überstunden, - leistungsgeminderte Personen</li> <li>• <b>Beschwerden oder Erkrankungen bei dieser Tätigkeit</b></li> </ul> <p><u>Risikobeurteilung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arbeitsplatzgestaltung</b> Bedienelemente, - Displayanordnung</li> <li>• <b>Körperhaltung</b> Arbeitshöhe, - Armabstützung bei feinmotorischer Arbeit, - Handgelenkstellung, - statische Haltearbeit, - Arbeit über Schulterhöhe, - fixierte, statische Haltung, -Beugung, - erschwerte Greifbarkeit</li> <li>• <b>Dauer und Häufigkeit</b> gleichartige Tätigkeit, - Taktbindung, - Repetition</li> <li>• <b>Aktionskraft</b></li> <li>• <b>Arbeitsorganisation</b> Personalbesetzung, - Überstunden, - Zeitdruck</li> <li>• <b>Geschicklichkeit und Erfahrung</b></li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersicht über Risikofaktoren,</li> <li>• Abarbeitung eines Kontrollplanes</li> </ul>
Kommentar	Die Beantwortung der Merkmalfragen erfolgt strukturiert nach Ausschlusskriterien. Beurteilung durch Arbeitgeber/Inspektion und Arbeitnehmer vorgesehen. Insgesamt 29 Merkmale, davon 20 manuelle Arbeitsprozesse betreffend.

<b>Lfd. Nr. 31</b>	
Methoden- bezeichnung	Repetitive work of the upper limb extremity: Part I-Guidelines for the practitioner
Autoren, Herausgeber	Kilbom, Å.
Land	
Jahr	1994
Anwender	
Zielstellung	Richtwerte für Konstrukteur, keine Risikobeurteilung
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohes Risiko in Abhängigkeit von Art und Häufigkeit der Belastung von Schulter, Oberarm/Ellenbogen, Unterarm/Handgelenk, Finger</li> <li>• Risikoerhöhung durch hohe externe Kräfte, hohe Bewegungsgeschwindigkeit, statische und extreme Haltungen, Trainingsmangel, Arbeitsdruck, Monotonie, langanhaltende repetitive Arbeit</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	
Kommentar	Bewegungsfrequenzen werden mit konkreten Grenzwerten belegt, die Zusatzfaktoren bleiben allgemein gehalten.

<b>Lfd. Nr. 32</b>	
Methoden- bezeichnung	Hand-Arm-Movement-Analysis - <b>HAMA</b>
Autoren, Herausgeber	Christmansson, M.
Land	Schweden
Jahr	1994
Anwender	
Zielstellung	A method for analysing manual work. The method is based on the MTM system.
Merkmale	
Bewertung, Ergebnis	
Kommentar	Literaturquelle noch nicht im Original aufgefunden



<b>Lfd. Nr. 33</b>	
Methodenbezeichnung	Occupational Lifting & handling Guidelines & Assesement Checklist - OLGA Checklist
Autoren, Herausgeber	Kenningham, L.
Land	Australien
Jahr	1999
Anwender	
Zielstellung	
Merkmale	
Bewertung, Ergebnis	Ergänzung des Code of Practice mit Bezug zu den oberen Extremitäten
Kommentar	Literaturquelle noch nicht im Original aufgefunden

<b>Lfd. Nr. 34</b>	
Methoden- bezeichnung	IGACheck-Profil
Autoren, Herausgeber	Hanßen-Pannhausen, R. (BKK Bundesverband und HVBG )
Land	Deutschland
Jahr	2004
Anwender	
Zielstellung	Leitfaden zur Erfassung beruflicher Anforderungen, Belastungen und Gefährdungen
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamische Belastung Hand-Arm-Finger</li> <li>• Körperhaltung</li> <li>• Arbeitsinhalt</li> <li>• Arbeitsorganisation</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Ohne, Einstufung der Merkmale hinsichtlich Häufigkeit (nie, selten, häufig) und Höhe (gering, mittel, hoch)
Kommentar	Ganzheitlich, nicht spezifisch auf obere Extremitäten bezogen

<b>Lfd. Nr. 35</b>	
Methodenbezeichnung	LUBA
Autoren, Herausgeber	Kee, D.; Karwowski, W.
Land	USA
Jahr	2001
Anwender	
Zielstellung	Analyse und Bewertung von Körperhaltungen und Gelenkstellungen
Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Handgelenk (flexion, extension, radial deviation, ulnar deviation)</li> <li>- Ellenbogen (flexion, supination, pronation deviation)</li> <li>- Schulter (flexion, extension, adduction, abduction, medialrotation, lateral rotation)</li> <li>- Nacken (flexion, extension, lateral bending, rotation)</li> <li>- Rücken (flexion, extension, lateral bending, rotation)</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Zuordnung von Körperteil- und Gelenkwinkeln zu Diskomfortkennzahlen auf der Grundlage von maximal möglichen Haltezeiten
Kommentar	Bezug zur Haltung, keine Aktionskräfte

<b>Lfd. Nr. 36</b>	
Methodenbezeichnung	Guidance for safety reps. Identify potential RSI risks in the workplace.
Autoren, Herausgeber	HSE/TUC International RSI Awareness Day 2002
Land	Großbritannien
Jahr	2002
Anwender	
Zielstellung	Risikoerkennung
Merkmale	<p>Screening:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- spezifische Beschwerden</li> <li>- Repetition (gleiche Bewegungen, &gt; 2 pro Minute, 50 % der Schicht)</li> <li>- Körperhaltung</li> <li>- Kraft &gt; 2 h/Schicht ohne Quantifizierung</li> <li>- Vibration</li> </ul> <p>Wenn ein Merkmal zutrifft, dann weitere Analyse unter Berücksichtigung von differenzierten Merkmalen der:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbeitsaufgabe</li> <li>- Umwelt (Kälte, Beleuchtung)</li> <li>- Person</li> <li>- Körperhaltung (statisch, Zwangshaltung)</li> <li>- Greifart und -kraft</li> <li>- Belastungsdauer</li> <li>- psychosozialen Bedingungen</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Leitfaden zur Risikoerkennung, keine Risikoquantifizierung
Kommentar	

<b>Lfd. Nr. 37</b>	
Methodenbezeichnung	Basis Screening Tool
Autoren, Herausgeber	Bernard, T.E. University of South Florida
Land	USA
Jahr	2004 (?)
Anwender	
Zielstellung	Risikoerkennung
Merkmale	<p>Basis Screening:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repetition (gleiche Bewegungen, &gt;2 pro Minute, &gt;2 h, &gt;4 h für Keyboard)</li> <li>- Kraft (&gt;2 pounds, &gt;10 pounds)</li> <li>- Körperhaltung, Gelenkwinkel der Hand &gt;30°/45°</li> <li>- Impulse durch Schlagen (&gt;10/h, &gt;2 h)</li> <li>- Vibration</li> </ul>
Bewertung, Ergebnis	Wenn die Merkmale zutreffen, weitergehende Analyse
Kommentar	Bezug auf gesamtes Muskel-Skelett-System, mit Teilen zu Schulter/Nacken und Hand/Arm

## **Anhang 2**

**Übersicht  
Merkmale, die in den Methoden zur Beurteilung von  
repetitiven Belastungen und Beanspruchungen des  
Hand-Arm-Schulter-Systems verwendet werden**

**Bemerkungen zur Tabelle**

Die Tabelle ist ein Versuch, die Vielzahl der Begriffe, Intensitäten und Grenzwerte zu ordnen. Sie zeigt in erster Linie die Vielfalt der methodischen Ansätze, Merkmale und Kriterien. Wegen divergierender Begriffsverwendungen und wechselnder Ordnungskriterien in den ausgewerteten Methoden war es nicht möglich, eine exakte Abbildung zu erreichen. Erschwert wird die Zusammenstellung durch sprachliche Unterschiede und in einigen Fällen auch durch nicht sinnvolle Beschreibungen. In diesen Fällen wurde eine sinngemäße Zuordnung getroffen und nicht eindeutige oder nicht zuordenbare Merkmale wurden fortgelassen. Einige der Merkmale sind in den Methoden weitergehend differenziert. Aus Kapazitätsgründen wurden diese nicht vollständig aufgeführt.

<b>Merkmal mit Bezug zur Belastung/Beanspruchung der oberen Extremitäten</b>	<b>Wenn vorhanden: Erläuterungen, Bereiche, Grenzwerte</b>	<b>Berücksichtigt in Methoden - lfd. Nr.</b>
<b>Arbeitsorganisation</b>		
Arbeitsdauer gesamt		01 02 03 04 08 13 15 16 19 20 23 24 26 27 30 31 36
Arbeitszeitdauer mit repetitiven Handlungen		01 02 03 05 12 37
Einwirkungszeit	$< \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{3}{3}$	01 02 03 04 08 11 12 27 36
	$> \frac{1}{2}$	17
Zyklusdauer		01 02 04 11 16 17 20 24 31 36
Losdauer		25
(Handlungs-) Häufigkeit		01 02 04 08 11 12 16 25 26 27 31 36
Arbeitsablauf		18 24 30
Repetitivität, Wiederholungsfrequenz		01 02 04 09 10 11 13 15 16 18 21 22 23 24 28 29 30 31 36 37
Gleichartigkeit der Arbeitsausführung	50 % der Zykluszeit	21
Speziell Arbeitsausführungen	Befestigen, Greifen u.a.	28
Tastaturbedienung	intensiv	14 23
Dauer der Kraftaufbringung	klein, mittel, hoch	19
<b>Pausen</b>		
Pausen Dauer /Häufigkeit		01 02 04 05 15 18 24 29

<b>Merkmal mit Bezug zur Belastung/Beanspruchung der oberen Extremitäten</b>	<b>Wenn vorhanden: Erläuterungen, Bereiche, Grenzwerte</b>	<b>Berücksichtigt in Methoden - lfd. Nr.</b>
Arbeitsdauer ohne angemessene Pausen		01 02 04 09
Kein Job-Rotation		16
<b>Körperhaltung/-bewegung</b>		
Statische Haltung		03 06 15 22 28 31 36
	>10 s	30
Repetitive Bewegung		06 14 15 22 28 34
Bewegungsgeschwindigkeit	langsam, schnell, sehr schnell	05 08 12 13 15 20 28 31
Bewegungshäufigkeit	Schulter 2,5/min Oberarm/Ellenbogen 10/min Unterarm/Hand 10/min Finger 200/min	31
Bewegungsgeschwindigkeit der Finger		17
Plötzliche erzwungene Bewegungen		05 22
Sitzen	Häufigkeit	24 26 27 34
Stehen		24 26 27
Hocken, Knien		24
Ungünstige Körperhaltung		09 13 28 29 30 34 36
	ungünstig, extrem	21 31
	extrem, mittel	19
	neutral, mittel, Ende des ROM	20
<b>Körperteil-, Gelenkstellung</b>		
Rumpfhaltung (Neigung, Verdrehung)	mittel, stark	12 13 15
	Verdrehung >45°, 80°/70°	19
	Seitneigung <25°, <40°	19
	20°, 45°	23
	Flexion, Extension: gering, mittel, stark	16 23
	Vor-, Seitneigung, 4 Bereiche	24
	aufrecht, 20-60°, >60°	26
Kopfneigung, Kopfdrehung		15 22 28 29 30



<b>Merkmal mit Bezug zur Belastung/Beanspruchung der oberen Extremitäten</b>	<b>Wenn vorhanden: Erläuterungen, Bereiche, Grenzwerte</b>	<b>Berücksichtigt in Methoden - lfd. Nr.</b>
	0-10 % ROM, 10-25 % ROM, 25-50 % ROM, >50 % ROM	25
Kopfneigungswinkel	10°, 20°, Extension	06
	Flexion 20°, 40°, Extension 30°, 50°, Seitneigung 20°, 40°,	19
	30, 45°	14
	Flexion u. Seitneigung 20°, Extension 5°	23
Bewegungshäufigkeit des Kopfes	Flexion, Extension: gering, mittel, stark	16 25
Rumpfflexion/-extension	gelegentlich, ständig	12
	0-10 % ROM, 10-25 % ROM, 25-50 % ROM, >50 % ROM	25
Rumpf-Rotation, Seitneigung	0-10 % ROM, 10-25 % ROM, 25-50 % ROM, >50 % ROM	25
	<10°, 15°, 25°, >30°	26
Bewegungshäufigkeit des Rumpfes	10°, 20°, 60°, >60°	06
Arm allgemein angehoben, vor- und seitgehalten	3, 8, 12 pro Minute	12
	Schulterhöhe	03 05 09 26 36
	über Kopf	14 26 27
	weit	22 30
	30 cm vor	15
	körpernah, 60 %, 80 %, 100 % der Reichweite	26
Armhaltung	Hand 5 cm über Ellenbogen	15
	über Kopf	21 34
		05 13 18
Lage Handmittelpunkt	Höhenbereich, Seitenbereich	19
Oberarmhaltung	Nahe am oder hinter dem Körper	15 17 28
	dreidimensional in 45°-Stufen	24
Oberarmwinkel	>20°	01 11
	20°, 45°, 90°	06
Unterarmverdrehung		23 28
	30°	15

<b>Merkmal mit Bezug zur Belastung/Beanspruchung der oberen Extremitäten</b>	<b>Wenn vorhanden: Erläuterungen, Bereiche, Grenzwerte</b>	<b>Berücksichtigt in Methoden - lfd. Nr.</b>
	<30°, 30-60°, 60-90°	19
	0-10 % ROM, 10-25 % ROM, 25-50 % ROM, >50 % ROM	25
	>60°	27
Ellenbogen allgemein beschreibend		05 28 30
Ellenbogenhaltung	dreidimensional in 45°-Stufen	24
Ellenbogen Pronation/mittel/Supination	ROM >50 %	05
Ellenbogen Einwärtsdrehung	ohne	16 17
Ellenbogen Auswärtsdrehung	≥ 60°	01 02 04
Ellenbogen Streckung	≥ 60°	01 02 04
Ellenbogen Beugung	ohne	01 02 04 05
	≥ 60°	01 02 04
	0-10 % ROM, 10-25 % ROM, 25-50 % ROM, >50 % ROM	25
	60°, 100°	06
	>60°	27
Bewegungshäufigkeit der Hand		16 22 28
Handgelenkverdrehung	<10, 10-20, >20 pro Minute	12
Handgelenkwinkel		06 12 14
Handgelenk allgemein beschreibend		06 12 14 17 28
	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> , <sup>2</sup> / <sub>3</sub> , max. ROM	26
Handgelenk Flexion/Extension		05 08 11 14 22 24
	≥ 45°	01 02 04 26 37
	20°, 30°	23 37
	0-10% ROM, 10-25% ROM, 25-50% ROM, >50% ROM	25
Handgelenk ulnar/radial		24
	>5°, >35°	16
	≥ 20°	01 02 04
	>10°	15
	30 °	37
	0-10 % ROM, 10-25 % ROM, 25-50 % ROM, >50 % ROM	25
	±10°	27

<b>Merkmal mit Bezug zur Belastung/Beanspruchung der oberen Extremitäten</b>	<b>Wenn vorhanden: Erläuterungen, Bereiche, Grenzwerte</b>	<b>Berücksichtigt in Methoden - lfd. Nr.</b>
	>5°, >15°	16
Schulter		15 28 29
Schulter, Flexion/Extension, Abduktion/Adduktion, Rotation	0-10 % ROM, 10-25 % ROM, 25-50 % ROM, >50 % ROM	25
Schulter Flexion/Extension	hochgezogen	16
Getrennte Erfassung für rechts und links		01 02 04 08 11 15 16 19
<b>Aktionskraft, Lastgewicht</b>		
Kraft allgemein beschreibend		13 18 29 36
Krafthöhe	klein, mittel, groß	19
	minimal, mittel, maximal	20
	1 kg, 3 kg	05
	<2 kg, 2-10 kg, >10 kg	06
	2, 4, 10 lbp	14
	nahe MVC	15
	% MVC	16
	$\frac{1}{6}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3} F_{\max}$	26
Kraftrichtung	allgemein	24
	8 Richtungen im Koordinatensystem	19
Krafteinleitung körperfern		22 29
Kraftgrenzen	>2,7 kg, >4,5 kg	17
Erforderlich Aktionskraft in % MVC	nach EN 1005-3	01
Empfundene Kraftanstrengung nach Borg	5, 10, 20, 30, 40, $\geq 50$	01 02 04
Dauer der Zykluszeit mit mehr als 5 % MVC	0,5, 1, 2, 3, 4, 5	01 02 04 08 10
Drücken, Ziehen		21 24 28 30
Heben		24 29 30
Gewicht der Last oder Werkzeuge		10 28
Halten		21
Lastgewicht		11 24 29
	<5 kg, 6-10 kg, 11-20 kg, >20 kg	12 18

<b>Merkmal mit Bezug zur Belastung/Beanspruchung der oberen Extremitäten</b>	<b>Wenn vorhanden: Erläuterungen, Bereiche, Grenzwerte</b>	<b>Berücksichtigt in Methoden - lfd. Nr.</b>
	in Abhängigkeit von Dauer und Muskelgruppen	19
	<1 kg, 1-4 kg, >4 kg	12
	4,5 kg im Sitzen	30
Lastgewicht einhändig	Messwert	16
Ausdauer	% der Kapazität	16
Eigenschaften der Last	allgemein	30
Krafteinleitung, Griff		18
Fingergriff		01 02 04 05 11 14 16 21 22 24 28
	% F <sub>max</sub>	27
Druck mit Fingerspitze		17 22 23 24 28
	$\frac{1}{6}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3} F_{\max}$	26
Druck mit Finger zur Schalterbetätigung		22
Fingerzufassungsgriff		0115 16 17 28
	% F <sub>max</sub>	27
	>1 kg	37
Zufassungsgriff		01 02 04 05 16 21 22 24 28
Umfassungsgriff	Spannweite ≤ 2 cm	01 02 04
	% F <sub>max</sub>	27
	>5 kg	37
Handflächengriff/Handballen	% F <sub>max</sub>	27
Schlagen, Klopfen		01 02 03 04 05 14 15 17 21 22 23 24 26 27 28 29 37
Kraftübertragung, Krafteinleitung	> $\frac{1}{3}$ Zykluszeit	01
	gut/schlecht	24
Kraftangriffspunkt Anfang/Ende	Maßangabe	24
Kraftangriffspunkt	gut, schlecht, unakzeptabel	07 13 17 30
Kraftangriffspunkt, Kraftrichtung	Lagebeschreibungen durch Raumzonen und Längen in % der Körperhöhe	19 27

<b>Merkmal mit Bezug zur Belastung/Beanspruchung der oberen Extremitäten</b>	<b>Wenn vorhanden: Erläuterungen, Bereiche, Grenzwerte</b>	<b>Berücksichtigt in Methoden - lfd. Nr.</b>
Handschuhe		03 05 15 16 17 18 24 28
Werkzeug (Art, Eignung)		22 24 27 28 29 30
Werkzeugbedienung		24 28
<b>Beanspruchungsmerkmale</b>		
Ermüdung		18
Herzfrequenz		18
Blutdruck		18
Sauerstoffverbrauch		18
Körpertemperatur		18
Beanspruchungswahrnehmung		18
Erholungsmöglichkeiten		18 30
<b>Einwirkungen</b>		
Gebrauch vibrationserzeugender Werkzeuge		01 02 03 04 05 09 11 12 15 16 17 18 20 21 22 23 24 27 28 36
Ganzkörpervibration		23
Klima, Hitze, Kälte		01 02 04 05 09 11 15 17 18 22 24 28 29 30 36
	<50° F (10° C)	16
Kalte Gegenstände		22 24 36
Beleuchtung		01 02 04 05 09 18 23 30 36
Lärm		18
Gefahrstoffe, Gerüche		18
Körperschutzmittel		24 30
Hohe Beschleunigung		03 15
Unerwartete Bewegungen/Kräfte		03 17 22 29
lokaler Druck durch ungeeignete Werkzeuge, Werkstücke u.a.		09 11 13 17 21
Improvisierte Änderung am Arbeitsplatz		21
<b>Ergonomie</b>		

<b>Merkmal mit Bezug zur Belastung/Beanspruchung der oberen Extremitäten</b>	<b>Wenn vorhanden: Erläuterungen, Bereiche, Grenzwerte</b>	<b>Berücksichtigt in Methoden - lfd. Nr.</b>
Ergonomische Gestaltung insg.		24 29 30
Eingeschränkter Bewegungsraum		29 30
Armstützen		19 23 29
Beinraum		24
Fußstützen		24
Fuß-/Bein-Abstützung		06 13
Bodenbeschaffenheit		24 30
<b>Anforderungen an</b>		
Geschicklichkeit/Koordination		22
Sinneswahrnehmung		18
Hohe Sehanforderung		12 15 18 29
Führen von Fahrzeugen		12
<b>Psychosoziale Faktoren</b>		
Arbeitsdruck, Zeitdruck		03 09 18 22 29 30 31 34 36
Kein Einfluss auf Arbeitsablauf, Handlungsspielraum, keine Änderung der Arbeitsausführung		03 09 13 15 22 29 30 31 34 36
Fehlende Unterstützung		03 13 36
Hohe mentale Belastung		03 22 34
Einseitigkeit der Arbeit		13 18
Isolierte Arbeit		03 22 23 24 34
Taktbindung		03 09 18 30 34
Leistungslohn		03 13 15 16 30
Komplexität		02 18 34
Entscheidungen		18 34
Arbeitsanforderungen		02 18 34 36
Ungenügende Einarbeitung		09
Ungenügende Unterweisung		09 22
Störungen		13 18 34
Arbeitsinhalt		02 18 22 34
Schichtsystem		18 34
Qualität, Fehler		18 22
Überstunden		18 30 34

<b>Merkmal mit Bezug zur Belastung/Beanspruchung der oberen Extremitäten</b>	<b>Wenn vorhanden: Erläuterungen, Bereiche, Grenzwerte</b>	<b>Berücksichtigt in Methoden - lfd. Nr.</b>
Wahrnehmende und kognitive Aktivitäten	Ausschlusskriterium	01
<b>Individuelle Faktoren</b>		
Tätigkeitsdauer		24
Alter		30
Geschlecht		01 02 04 24
Gewicht		24
Körperhöhe		24
Gesundheitszustand		01 02 04 22 30 31
Trainiertheit, Geschicklichkeit		01 02 04 16 22
Beschwerden		01 02 04 21 22 28 36
Erkrankungen der oberen Extremitäten		21 22 28
Beanspruchungsempfinden allgemein		09 22
Beanspruchungsempfinden Arbeitstempo	gering, mittel, hoch	12

## **Anhang 3**

### **Begriffe und Greifarten**



**Flexion**

Beugung in einem Gelenk

**Extension**

Streckung in einem Gelenk

**Volarflexion**

hohlhandseitige Beugung des Handgelenkes

**Dorsalextension**

rückseitige Streckung des Handgelenkes

**Adduktion**

Hinführen, Bewegung eines Körperteils in Richtung der Medianebene

**Abduktion**

Wegführen, Bewegung eines Körperteils von der Medianebene weg

**Ulnarabduktion**

Handgelenk in Richtung Elle wegführen

**Radialabduktion**

Handgelenk daumenwärts wegführen

**Elevation**

Erhebung, Emporheben

**Pronation**

Einwärtsdrehung

**Supination**

Auswärtsdrehung

**Rotation**

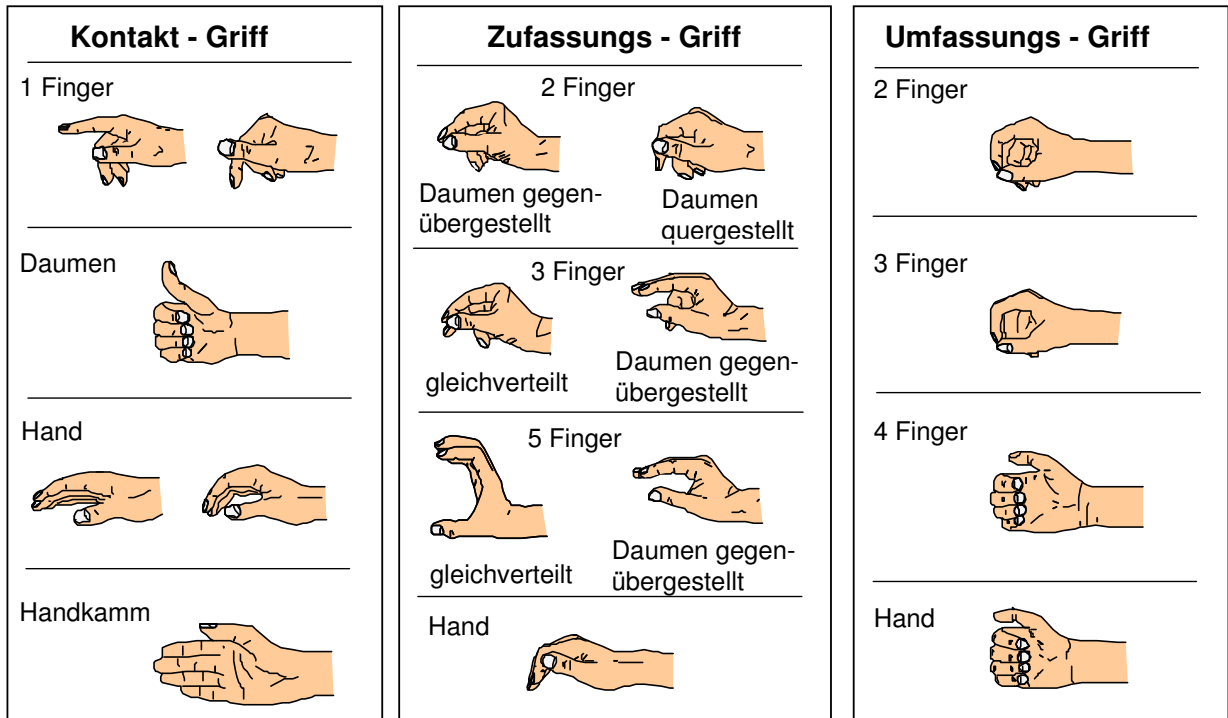
Drehung um eine der Gelenkachsen

Definition der Greifart (nach IAT)

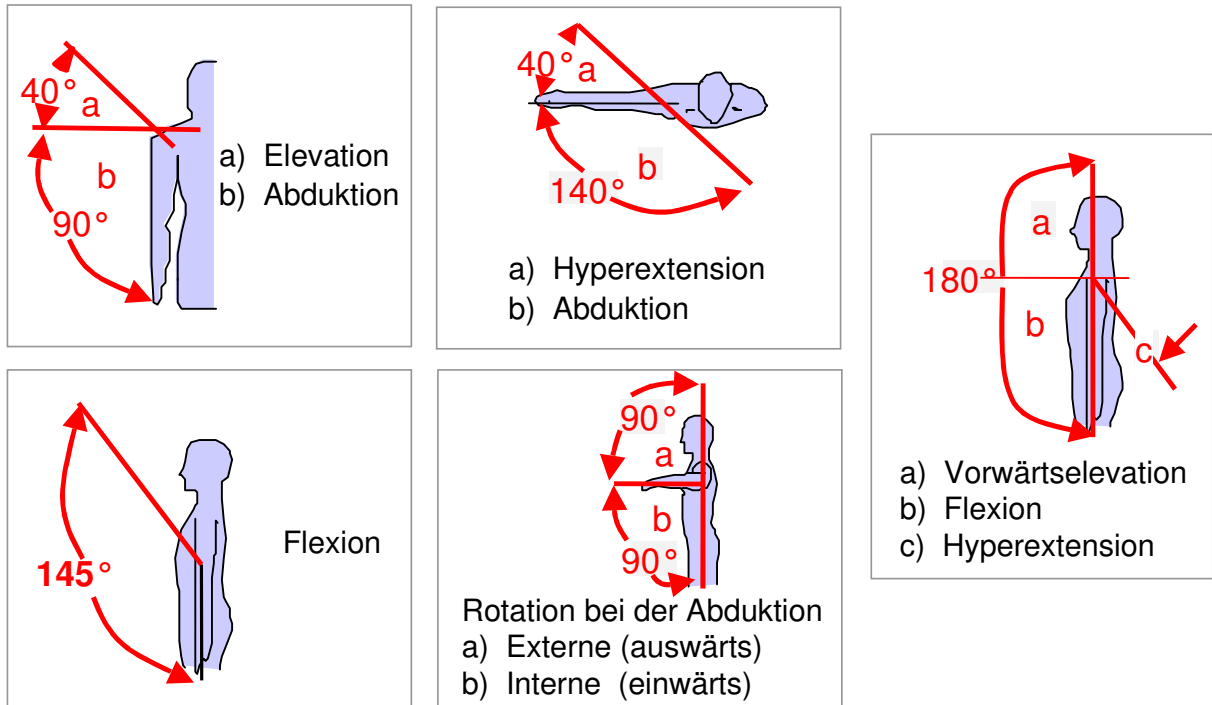
Die Greifart gibt an, wie Hand bzw. Finger mit der Handseite des Arbeitsmittels verbunden sind.

Man unterscheidet:

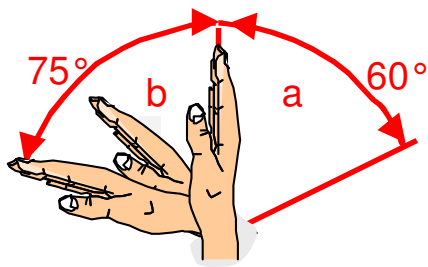
- Kontaktgriff
- Zufassunggriff
- Umfassunggriff



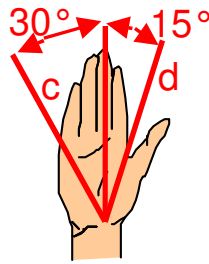
Anh. 3, Abb. 1 Systematik der Greifarten (© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart)



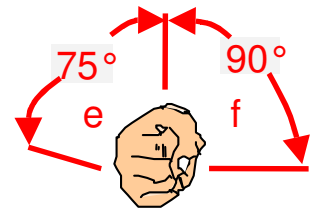
Anh. 3, Abb. 2 Maximal mögliche Gelenkausschläge (© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart)



- a) Dorsalextension  
b) Volarflexion



- c) Ulnarabduktion  
d) Radialabduktion

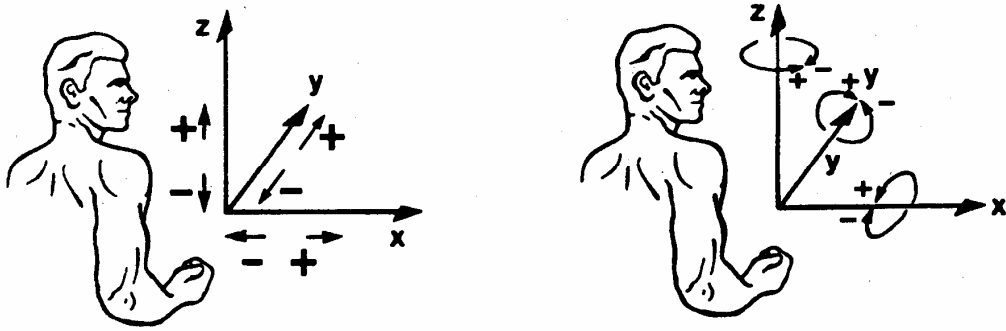


- e) Supination  
f) Pronation









**Anh. 3, Abb. 3** Maximal mögliche Gelenkausschläge (© Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart)

**Anh. 3, Tab. 1** Klassifizierung von Stellkraft/Stellmoment für die Auswahl von handbetätigten Stellteilen (nach EN 894-3 : 2000)

Stufe	Symbol	Stellkraft (N) oder Stellmoment (Nm)	Anforderungsgrad
0	○	< 10 N < 0,5 Nm	vernachlässigbar
1	◐	≥ 10 N bis < 25 N ≥ 0,5 Nm bis < 1,5 Nm	gering
2	◑	≥ 25 N bis < 50 N ≥ 1,50 Nm bis < 3,0 Nm	mittel
3	◒	≥ 50 N bis < 80 N ≥ 3,0 Nm bis < 5,0 Nm	hoch
4	●	≥ 80 N bis < 120 N ≥ 5,0 Nm bis < 50 Nm	sehr hoch



Anh. 3, Abb. 4 Achsensysteme für translatorische und rotatorische Bewegungen (nach EN 894-3: 2000)

Kontaktgriff	Zufassungsgriff	Umfassungsgriff
<p style="text-align: right;">Finger</p> 	<p style="text-align: center;">2 Finger</p>  <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>Daumen gegen- übergestellt</span> <span>Daumen quer- gestellt</span> </p>	
<p style="text-align: right;">Daumen</p> 	<p style="text-align: center;">3 Finger</p>  <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>gleichverteilt</span> <span>Daumen gegen- übergestellt</span> </p>	<p style="text-align: right;">Finger</p> 
<p style="text-align: right;">Hand</p> 	<p style="text-align: right;">Hand</p> 	<p style="text-align: right;">Hand</p> 

Anh. 3, Abb. 5 Greifarten (nach EN 894-3: 2000)

**Anh. 3, Tab. 2** Empfohlene maximale Stellkräfte/Stellmomente für handbetätigte Stellteile

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Greifart</b>	<b>Teil der Hand, der die Stellkraft ausübt</b>	<b>Weitere Faktoren</b>	<b>Empfohlene maximale translatorische Stellkraft N</b>	<b>Empfohlenes maximales Stellmoment Nm</b>
Kontaktgriff	Finger	Jede Richtung	10	0,5
	Daumen	Jede Richtung	10	0,5
	Hand	Jede Richtung	20	0,5
Zufassungsgriff	Finger/eine Hand	Jede Richtung	10	1
		x-Richtung	10	2
		y-Richtung	20	2
		z-Richtung	10	2
Umfassungsgriff	Eine Hand	x-Richtung	35	
		y-Richtung	55	
		z-Richtung	35	
	0,25 m Radius		20	
	Beide Hände	0,25 m Radius		

## **Anhang 4**

### **Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse Formblatt und Handlungsanleitung**

**Leitmerkmalmethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen**

Die Gesamttätigkeit ist ggf. in Teiltätigkeiten zu gliedern. Jede Teiltätigkeit mit erheblichen körperlichen Belastungen ist getrennt zu beurteilen.  
Arbeitsplatz/Teiltätigkeit:

**1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung und Informationen zum Arbeitsablauf**

Gesamtdauer dieser Tätigkeit pro Schicht	Zeitwichtung
< 120 min	1
120 - 180 min	2
180 - 240 min	3
240 - 300 min	4
300 - 360 min	5
> 360 min	6

**Zusatzinformationen**

<u>Zyklische Tätigkeit</u>	
Dauer eines Zyklus	
Anzahl der Zyklen pro Schicht	
Anteil an Arbeitszeit	%
<b>oder</b>	
<u>Kontinuierliche Tätigkeit</u>	
Anteil an Arbeitszeit	%

**Entwurf 2007  
zur allgemeinen  
Praxistestung**

Hrsg.:  
Bundesanstalt für  
Arbeitsschutz und  
Arbeitsmedizin Berlin  
Gruppe 3.4  
www.baua.de

**2. Schritt: Bestimmung der Wichtungen von Art der Kraftausübung, Arbeitsorganisation, Ausführungsbedingungen, Körperhaltung und Hand-/Armstellung und -Bewegung**

Art der Kraftausübung(en)		Halten			Bewegen						
		Haltedauer [Sek. pro Minute]			Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]						
Höhe *)	Beschreibung, typische Beispiele	60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60	Wichtung	
<b>sehr gering</b> < 20 g < 0,2 N	Ausübung von leichtem Druck durch Finger Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen/ Halten / Sortieren	2	1	1	1	1	2	3	3		
<b>gering</b> 20 ... 100 g 0,2 ... 1 N	Ausübung von Druck durch Auflage der Hand oder Fingerzuffassung Halten / Materialführung / Fügen	3	2	2	1	2	3	4	4		
<b>mittel</b> 100 ... 500 g 1 ... 5 N	Fingerzuffassung Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen	4	3	2	1	2	3	4	-		
<b>erhöht</b> 0,5 ... 1 kg 5 ... 10 N	Handzuffassung Drehen / Wickeln / Verpacken	-	-	-	1	2	3	4	5		
	Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken	4	3	2	1	2	3	4	-		
	Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen	4	3	2	1	2	3	-	-		
<b>hoch</b> 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N	Kraftbetonte Handzuffassung Schneiden mit Scheren oder Messern / Benutzung von Zangen oder Hand-Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen	-	4	3	2	3	4	-	-		
<b>sehr hoch</b> 2,5 ... 5 kg 25 ... 50 N	Große, manchmal maximale Finger-/Hand-Kräfte	-	-	7	5	7	-	-	-		
	Schlagen mit Handfläche oder Faust	-	-	-	3	4	6	8	-		

\*) Die Zahlenangaben beziehen sich auf Gewichte [g, kg] und Aktionskräfte [N]. 1 kg entspricht 10 Newton.

Arbeitsorganisation	Wichtung
<b>Keine oder weite Taktbindung:</b> Arbeitsablauf beeinflussbar / Pausen wählbar / Handlungsspielraum vorhanden / Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / unterschiedliche Hand-Arm -Bewegungen	0
<b>Enge Taktbindung:</b> Arbeitsablauf fest vorgegeben / wenige Einzelbewegungen pro Zyklus / eingeschränkter Handlungsspielraum / Pausen nur mit Springer / hohes Arbeitstempo	0,5
	1
In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen.	
Ausführungsbedingungen	Wichtung
<b>Gut:</b> sichere Detailerkennbarkeit/ keine Blendung / gute klimatische Bedingungen / keine Behinderung der Bewegungsfreiheit / Bedien- und Anzeigeelemente im günstigen Bereich / gute Greifbarkeit	0
<b>Eingeschränkt:</b> erschwerte Detailerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Verschmutzung / Konzentrationstörungen durch Geräusche / schlechte Greifbarkeit durch grobe Handschuhe	0,5
	1

In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. Bei sehr ungünstigen Bedingungen kann die Wichtung 2 vergeben werden.

Körperhaltung **)	Wichtung
<b>Gut:</b> Wechsel von Sitzen und Stehen möglich / Wechsel von Stehen und Gehen / dynamisches Sitzen ist möglich / Hand-Arm-Auflage bei Bedarf möglich / keine Verdrehung / Kopfhaltung variabel	0
<b>Eingeschränkt:</b> Rumpf leicht vorgeneigt und/oder leicht verdreht / stärkere Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / Kopfhaltung zur Detailerkennung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Sitzen oder Stehen ohne Gehen	1
	2
<b>Schlecht:</b> Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung	3
	4

\*) Es ist die typische Körperhaltung zu berücksichtigen. Gelegentliche Abweichungen können vernachlässigt werden.

Hand-/Armstellung und -Bewegung **)	Wichtung
<b>Gut:</b> Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur gelegentliche Abweichungen / überwiegend körpernahe Armhaltung / nur gelegentliches Greifen über Schulterhöhe	0
<b>Eingeschränkt:</b> Häufigere Stellung oder Bewegung der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / häufiger körperfernes Greifen / häufigeres Greifen über Schulterhöhe	1
	2
<b>Schlecht:</b> Ständige Stellung oder Bewegung der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / häufiges oder lang anhaltendes Greifen über Schulterhöhe / lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung	

\*) Es sind die typische Stellungen zu berücksichtigen. Gelegentliche Abweichungen können vernachlässigt werden.

**3. Schritt: Bewertung**

Die für diese Tätigkeit zutreffenden Wichtungen sind in das Schema einzutragen und auszurechnen

	Art der Kraftausübung	.....		
+	Arbeitsorganisation	.....		
+	Ausführungsbedingungen	.....		
+	Körperhaltung	.....		
+	Hand-/Armstellung	.....		
=	Summe	.....	X	<input type="text"/> Zeitwichtung = <input type="text"/> Punktwert

Anhand des errechneten Punktwertes und der folgenden Tabelle kann eine grobe Bewertung vorgenommen werden.

Risikobereich ***)	Punktwert	Beschreibung
1	<10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich.
2	10 bis <25	Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungsmaßnahmen sinnvoll.
3	25 bis <50	Erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt.
4	≥50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich.

\*\*\*\*) Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen fließend. Damit darf die Einstufung nur als Orientierungshilfe verstanden werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems zunimmt.

## Handlungsanleitung für die Beurteilung der Arbeitsbedingungen gemäß Arbeitsschutzgesetz -Teil Manuelle Arbeitsprozesse-

### Anwendungsbereich

Diese Methode dient der Beurteilung von Tätigkeiten mit geringen Aktionskräften im Bereich bis 50 N oder Gewichten bis 5 kg. Die Arbeitsausführung erfolgt überwiegend im Finger-Hand-Arm-Bereich bei geringen Rumpf- und Beinbewegungen. Die Körperhaltung kann Sitzen oder Stehen sein. Typische Merkmale dieser Tätigkeiten sind häufige Wiederholungen gleicher Handgriffe sowie Anforderungen an die Geschicklichkeit und das Erkennen von kleinen Details.

Weitere Methoden gibt es für die Beurteilung von:

- Heben, Halten und Tragen (Transport von Lasten mit mehr als 5 kg, bei verschiedenen Körperhaltungen und Bewegungen)
- Ziehen und Schieben (Bewegung von Lasten durch horizontale Aktionskräfte mit mehr als 50 N über unterschiedliche Weglängen mit Wagen, durch Rollen oder Gleiten)

### Achtung!

Dieses Verfahren dient der orientierenden Beurteilung der physischen Belastungen. Trotzdem ist bei der Bestimmung der Zeitanteile, der Art der Kraftaufwendungen, der Haltungen, der Arbeitsorganisation und Ausführungsbedingungen eine gute Kenntnis der zu beurteilenden Teiltätigkeit unbedingte Voraussetzung. Ist diese nicht vorhanden, darf keine Beurteilung vorgenommen werden. Grobe Schätzungen oder Vermutungen führen zu falschen Ergebnissen.

Die Beurteilung erfolgt grundsätzlich für Teiltätigkeiten und ist auf einen Arbeitstag zu beziehen. Wechseln innerhalb einer Teiltätigkeit die Art und Häufigkeit der Bewegungszyklen, so sind Mittelwerte zu bilden. Treten innerhalb einer Gesamttätigkeit mehrere Teiltätigkeiten mit deutlich unterschiedlichen Merkmalen auf, sind diese getrennt einzuschätzen und zu dokumentieren.

Zur Beurteilung sind 3 Schritte erforderlich: 1. Bestimmung der Zeitwichtung, 2. Bestimmung der Wichtung der Leitmerkmale und 3. Bewertung.

Bei der Bestimmung der Wichtungen ist die Bildung von Zwischenstufen (Interpolation) möglich. Eine Tätigkeitsdauer von 3 Stunden ergibt z.B. die Zeitwichtung 2,5. Überschreiten die vorgefundenen Bedingungen die angegebenen Skalenbereiche, kann sinngemäß extrapoliert werden.

### 1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung

Die Bestimmung der Zeitwichtung erfolgt anhand der linken Tabelle. Es ist die Gesamtdauer der zu beurteilenden Tätigkeit mit repetitiven Arbeitsanteilen zu berücksichtigen. Kürzere Hilfstätigkeiten wie z.B. Material ordnen, Werkzeugpflege oder Abrechnungen werden nicht berücksichtigt. Die Angaben in den rechten Feldern zum Arbeitsablauf (Zyklusdauer, Zyklusfrequenz, Anteil an der Schichtzeit) werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt. Sie dienen der Beschreibung und Dokumentation der Arbeitsbedingungen.

### 2. Schritt: Bestimmung der Wichtung von Art der Kraftausübung, Arbeitsorganisation, Ausführungsbedingungen, Körperhaltung und Hand-/Armstellung und -bewegung

#### 2.1 Art der Kraftausübung

Manuelle Arbeitsprozesse sind fast immer eine schnelle Abfolge von unterschiedlichen Handgriffen. Gleichartige, immer wiederkehrende Arbeitsabläufe werden als zyklisch bezeichnet. Die Zeitdauer vom Beginn bis zum Ende ist die Zykluszeit. In der Praxis gibt es Zykluszeiten von wenigen Sekunden (z.B. Greifen eines

Teils, Einlegen in Presse, Pressen, Entnahme, Ablage) bis zu mehreren Minuten bei komplexen Montagevorgängen. Dabei sind häufige Handgriffe ebenso möglich wie längeres Halten und weite Armbewegungen. Da für die physische Beanspruchung Art und Höhe der Kraftausübung wichtiger sind als die Zyklusdauer, wird als (normierendes) Bezugsmaß eine typische Arbeitsminute angenommen. Die innerhalb eines Zyklus ausgeführten Handlungen müssen dazu auf 1 min hoch- bzw. heruntergerechnet werden.

Die Bestimmung der Wichtung der Art der Kraftausübung erfolgt anhand der Tabelle unter Berücksichtigung von Höhe und Dauer/Häufigkeit.

Die Erfassung der Höhe der Kraft erfolgt durch Abschätzung nach Beobachtung und ggf. Befragung der Beschäftigten. Die angegebenen Kraft-/Gewichtswerte dienen zur groben Unterscheidung, können aber auch messtechnisch ermittelt werden. Wichtiger als der genaue Kraftmesswert ist jedoch die Einstufung auf der Skale von sehr gering bis sehr hoch. Die Beispiele und die Beschreibung dienen als Einstufungshilfe.

Die Erfassung der Dauer/Häufigkeit der Einzelhandhabungen erfolgt durch Beobachtung und Zählen über mehrere Zyklen. Wichtig ist, dass repräsentative Werte ermittelt werden. Erfahrungsgemäß reicht bei Zykluszeiten bis 60 s die Beobachtung von 5 Zyklen aus. Bei längeren Zykluszeiten müssen 10 bis 15 Zyklen beobachtet werden.

Da es unterschiedliche Handgriffe und unterschiedliche Kraftaufwendungen innerhalb eines Zyklus gibt, sind diese getrennt zu erfassen. Aus den unterschiedlichen Einzelwichtungen ist eine Gesamtwichtung zu bilden. Die grundsätzliche Regel hierfür ist die Verwendung des höchsten Wertes. Eine Erhöhung ist dann vorzunehmen, wenn mehrere gleichartige Kraftausübungen mit größerer Häufigkeit vorkommen. Wird z.B. in der Spalte 15-30 zweimal eine 3 vergeben, so ist der Gesamtwert auf 4 zu erhöhen.

Gibt es deutliche Differenzen zwischen „rechts“ und „links“, ist es zu vermerken. Eine Unterscheidung zwischen Rechts- und Linkshändern wird nicht vorgenommen, da die Tätigkeit und nicht die Person bewertet wird.

#### Beispiel 1

Porzellanmalerei: Halten einer 870 Gramm schweren Vase mit der linken Hand. Bemalen mit der rechten Hand mit 4 verschiedenen Farben. Sichtkontrolle, Ablegen. Dauer pro Stück 5,1 Minuten. Die Gesamtwichtung ist 4.

Art der Kraftausübung(en)		Halten			Bewegen				
		Haltedauer [Sek. pro Minute]			Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]				
		60-30	30-15	15-4	1-4	4-15	15-30	30-60	>60
		<b>Wichtung</b>			<b>Wichtung</b>				
Höhe *)	Beschreibung, typische Beispiele								
<b>sehr gering</b> <20 g <0,2 N	Ausübung von leichtem Druck durch Finger Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen/ Halten / Sortieren	2	1	1	1	1	2	3	3
<b>gering</b> 20 ... 100 g 0,2 ... 1 N	Ausübung von Druck durch Auflage der Hand oder Fingerzuffassung Halten / Materialführung / Fügen	3	2	2	1	2	3	4	4
<b>mittel</b> 100 ... 500 g 1 ... 5 N	Fingerzuffassung Gräfen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen	4	3	2	1	2	3	4	-
<b>erhöht</b> 0,5 ... 1 kg 5 ... 10 N	Handzuffassung Drehen / Wickeln / Verpacken Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen	4	3	2	1	2	3	4	-
<b>hoch</b> 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N	Kraftbetonte Handzuffassung Schneiden mit Scheren oder Messern / Benutzung von Zangen oder Hand-Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen	-	4	3	2	3	4	-	-
<b>sehr hoch</b> 2,5 ... 5 kg 25 ... 50 N	Große manchmal maximale Finger- / Hand-Kräfte Schlagen mit Handfläche oder Faust	-	-	7	5	7	-	-	-
		-	-	-	3	4	6	8	-

\*) Die Zahlenangaben beziehen sich auf Gewichte [g, kg] und Aktionskräfte [N]. 1kg entspricht 10 Newton.



## Beispiel 2

Zusammenbau einer Schublade: Einlegen der Seitenwände in Vorrichtung, Klemmvorrichtung spannen, Einlegen und -drücken Boden, Verklammern, Eindrücken der Vorder- und Rückseite, Klemmvorrichtung spannen, Verschrauben mit Akkuschrauber, Einsetzen der Frontblende und Verschrauben, Entnahme, Sichtkontrolle, Ablegen. Dauer 30 s. Die Gesamtwichtung ist 4, da die Gesamthäufigkeit der Handgriffe bei ca. 50 pro Minute liegt.

Art der Kraftausübung(en)		Halten			Bewegen					
		Wichtung			Wichtung					
Höhe *)	Beschreibung, typische Beispiele	Haltdauer [Sek. pro Minute]	Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]		1-4	4-15	15-30	30-60	>60	
		60-30	30-15	15-4						
<b>sehr gering</b> <20 g <0,2 N	Ausübung von leichtem Druck durch Finger Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen/ Halten / Sortieren		2	1	1	1	1	2	3	3
<b>gering</b> 20 ... 100 g 0,2 ... 1 N	Ausübung von Druck durch Auflage der Hand oder Fingerzuffassung Halten / Materialführung / Fügen		3	2	2	1	2	3	4	4
<b>mittel</b> 100 ... 500 g 1 ... 5 N	Fingerzuffassung Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen		4	3	2	1	2	3	4	-
<b>erhöht</b> 0,5 ... 1 kg 5 ... 10 N	Handzuffassung Drehen / Wickeln / Verpacken Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken		-	-	-	1	2	3	4	5
	Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen		4	3	2	1	2	3	4	-
<b>hoch</b> 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N	Kraftbetonte Handzuffassung Schneiden mit Scheren oder Messern / Benutzung von Zangen oder Hand-Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen		4	3	2	1	2	3	-	-
<b>sehr hoch</b> 2,5 ... 5 kg 25 ... 50 N	Große, manchmal maximale Finger- / Hand-Kräfte Schlagen mit Handfläche oder Faust		-	-	7	5	7	-	-	-
			-	-	-	3	4	6	8	-

\*) Die Zahlenangaben beziehen sich auf Gewichte [g, kg] und Aktionskräfte [N]. 1kg entspricht 10 Newton.

Die Markierungen in der Tabelle dienen zugleich der Tätigkeitsbeschreibung und Dokumentation.

## 2.2 Arbeitsorganisation

Mit dieser Wichtung werden die Einseitigkeit einer Bewegungsfolge und die eingeschränkten Erholungsmöglichkeiten erfasst. Anhaltende und gleichartige Belastung sowie fehlende Erholung sind eine Ursache für Beschwerden.

Die Bestimmung der Wichtung der Arbeitsorganisation erfolgt anhand der Tabelle. In der Tabelle nicht genannte Merkmale können sinngemäß berücksichtigt werden.

Die in der Tabelle aufgeführten Merkmale dienen als Einstufungshilfe. Da sie in unterschiedlicher Kombination und Intensität auftreten können, würde eine rechnerisch-schematische Zuordnung der Einzelmerkmale zur Wichtungszahl die Möglichkeiten der orientierenden Analyse überschreiten. Die Einstufung ist deshalb entsprechend des Einflusses auf die physische Belastung vorzunehmen.

## 2.3 Ausführungsbedingungen

Mit dieser Wichtung werden nur die Merkmale der Arbeitsumgebung berücksichtigt, die die Arbeitsausführung behindern und zu einer erhöhten Anspannung führen.

Zur Bestimmung der Wichtung sind die zeitlich überwiegenden Ausführungsbedingungen zu verwenden. Die in der Tabelle aufgeführten Merkmale dienen als Einstufungshilfe. Da sie in unterschiedlicher Kombination und Intensität auftreten können, würde eine rechnerisch-schematische Zuordnung der Einzelmerkmale zur Wichtungszahl die Möglichkeiten der orientierenden Analyse überschreiten. Die Einstufung ist deshalb entsprechend der Wirkung auf die physische Belastung vorzunehmen. Gelegentliche Mängel ohne sicherheitstechnische Bedeutung sollten nicht berücksichtigt werden.

## 2.4 Körperhaltung

Bei manuellen Arbeitsprozessen überwiegen statische Haltungen von Kopf, Rumpf und Beine („Stativ für Augen und die Hand-Arm-Bewegungen“). Diese statische Haltungsarbeit ist häufig Ursache für Beschwerden im Lenden- und Halswirbelbereich. Mit geringer werdender Bewegungsmöglichkeit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von Beschwerden.

In der Tabelle wird die Gesamtkörperhaltung erfasst. Die Einstufung berücksichtigt die für die Tätigkeit typischen Körperhaltungen. Gelegentlich abweichende Körperhaltungen werden nicht berücksichtigt.

## 2.5 Hand-Arm-Stellung und -Bewegung

Bewegungen im mittleren Beweglichkeitsbereich und gelegentliches Ausnutzen der aktiven Bewegung bis zum „Anschlag“ sind unkritisch. Häufigeres Bewegen und Halten von Gelenken am Ende des Bewegungsbereiches können zu Gelenksbeschwerden führen.

In der Tabelle werden die Hand-Arm-Stellungen und -Bewegungen erfasst. Dabei sind das Bewegungsausmaß und die Häufigkeit zu berücksichtigen. Für die Einstufung ist es hilfreich, wenn die Bewegungen nachvollzogen werden. Das Ende des Bewegungsbereiches von Gelenken wird durch Schmerzempfindung deutlich.

### 3. Schritt: Die Bewertung

Beschwerden bei manuellen Arbeitsprozessen können vielgestaltig sein. Im Hand-Arm-Schulterbereich typisch sind: Sensibilitätsstörungen, Kribbeln, Schmerzen bei Bewegung und/oder in Ruhe, Kraftverlust, verminderte Geschicklichkeit, Beweglichkeitseinschränkungen. Häufig bestehen zusätzlich Beschwerden im Nacken, in der Lendenwirbelsäule und in den Beinen durch lang dauernde fixierte Körperhaltungen. Eine Prognose über die Art und Wahrscheinlichkeit von Beschwerden ist nur sehr begrenzt möglich, da es weitere, nicht arbeitsbezogene Ursachen gibt.

Die Bewertung jeder Teiltätigkeit erfolgt anhand eines **teiltätigkeitsbezogenen Punktwertes** (Berechnung durch Addition der Wichtungen der Leitmerkmale und Multiplikation mit der Zeitwichtung).

**Bewertungsgrundlage** ist die Art und Ausprägung der Anforderungen, die an die Beschäftigten gestellt werden. Dabei werden sowohl Häufigkeit, Dauer, Kraft und Körperhaltung als auch die Rahmenbedingungen berücksichtigt. Grundsätzlich gilt, dass mit steigenden Anforderungen auch das Risiko für Beschwerden zunimmt. Hohe Punktwerte sind ein Hinweis auf eine kritische Situation, die die Wahrscheinlichkeit von Beschwerden erhöht.

Eine differenzierte Betrachtung der Wichtungszahlen ermöglicht die Identifikation von belasteten Körperregionen. So ist z.B. eine hohe Wichtung bei der Kraftausübung durch häufiges kraftbetontes Schneiden ein Hinweis auf die erhöhte Belastung der Unterarmmuskulatur und -sehnen. Eine hohe Wichtung durch Schlagen ist ein Hinweis auf mögliche Gefäßschädigungen und eine hohe Wichtung bei der Körperhaltung ist ein Hinweis auf eine mögliche Überbelastung der Rumpfmuskulatur und Wirbelsäule.

**Zusammenfassende Bewertungen** bei mehreren Teiltätigkeiten erfordern eine weitergehende Arbeitsanalyse, um Synergie- und Kompensationseffekte zu berücksichtigen.

### Ableitbare Gestaltungsnotwendigkeiten

Aus dieser Gefährdungsabschätzung sind sofort Gestaltungsnotwendigkeiten und -ansätze erkennbar. Grundsätzlich sollten die Ursachen hoher Wichtungen beseitigt werden.

Bei **Unsicherheiten der Bewertung** sind weitere Analysen erforderlich. Das Beanspruchungsempfinden und/oder gesundheitliche Beschwerden der Beschäftigten sind wichtige Indikatoren der Arbeitsbelastung.

Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2007, Gruppe 3.4, [www.baua.de](http://www.baua.de)

## **Anhang 5**

### **Anonymisierte Bewerter**

Anh. 5, Tab.1 Anzahl der Bewerter pro Arbeitsplatz

lfd. Nr.	Code	AP	Bewerter																Σ
			St	Be	BG	BAD	SiFa 1	SiFa 2	Abt.-lfr./Meister	Prakt.	BA	Ergo 1	Ergo 2	BR	GeA 1	GeA 2	GeA 3	Behörde	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	1.1	25 Klammerstäbe in Schachteln abpacken-stehen	x	x	x														3
	1.2	Klammerstäbe in Schachteln sortieren-sitzen	x	x	x														3
2	2.1	Sortierkontrolle Kolbenringe	x	x	x	x													4
	2.2	Bandschleifen Kolbenringe	x	x	x	x													4
3	3.1	Parksperrrenrad	x	x	x		x	x											5
	3.2	Sperrklinke	x	x	x		x	x											5
	3.3	Kurbelwellenlagerdeckel	x	x	x		x	x											5
4	4.1	Waggonmontage	x	x	x														3
	4.2	Lokmontage	x	x	x														3
	4.3	Rungenwagenmontage	x	x	x														3
	4.4	Treibgestellmontage	x	x	x														3
5	5.1	Handbremshebel pressen	x	x	x		x												4
	5.2	Einpressen Scharnierstift	x	x	x		x												4
	5.3	Frontspiegel Buchsen eindrücken	x	x	x		x												4
	5.4	Verdeckbau, Hydraulik- u. Kabelbaummontage	x	x	x														3
6	6.1	BG03 Kleinteilefertigung	x	x	x		x												4
	6.2	KF-BG04 Halterfederbodenstrebe	x	x	x		x												4
	6.3	Schleifkabine	x	x	x		x												4
	6.4	Schwellerabdeckung anschrauben	x	x	x		x												4
	6.5	Kopfairbag montieren	x	x	x		x												4
	6.6	Schwellerstopfen eindrücken	x	x	x		x												4

Anh. 5, Tab.1 (Fortsetzung)

Ifd. Nr.	Code	AP	Bewerter																Σ
			St	Be	BG	BAD	SiFa 1	SiFa 2	Abt.-lfr./Meister	Prakt.	BA	Ergo 1	Ergo 2	BR	GeA 1	GeA 2	GeA 3	Behörde	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
7	7.1	Verpacken Schlauchfedern	x	x					x										3
	7.2	Federn polieren	x	x	x		x		x										5
	7.3	Schrankmontage (IKEA-Schränke)	x	x	x		x		x										5
	7.4	Kondensatormontage	x	x	x		x		x										5
8	8.1	Steuergerätemontage	x	x	x		x	x											5
	8.2	Druckregler einsetzen	x	x	x		x	x											5
	8.3	Verheiratung	x	x	x		x	x											5
9	9.1	Bedienzentrum Zylindergehäuse	x	x	x	x	x												5
	9.2	Umlagerung	x	x	x	x	x												5
	9.3	Rundtakter Schlauchanschluss	x	x	x	x	x												5
	9.4	Kolbenmontage	x	x	x	x	x												5
	9.5	Zylindermontage	x	x	x	x	x												5
10	10.1	Einsatzschweißen	x	x	x		x			x									5
	10.2	Katalysatorschweißen	x	x	x		x			x									5
	10.3	Rohr biegen	x	x	x		x			x									5
	10.4	Presse	x	x	x		x			x									5
11	11.1	Reflektorenschrauben	x	x	x		x				x	x		x					7
	11.2	Türinnenverkleidung	x	x	x														3
12	12.1	Motorgehäuse aufhängen	x	x	x		x												4
	12.2	Motorgehäuse abnehmen	x	x	x		x												4
	12.4	Sichtkontrolle	x	x	x		x												4

Anh. 5, Tab.1 (Fortsetzung)

lfd. Nr.	Code	AP	Bewerter																M
			St	Be	BG	BAD	SiFa 1	SiFa 2	Abt.-lfr./Meister	Prakt.	BA	Ergo 1	Ergo 2	BR	GeA 1	GeA 2	GeA 3	Behörde	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	12.5	Einlegen Schweißautomat	x	x	x		x											4	
13	13.1	Sandsäckchen befüllen	x	x				x										3	
	13.2	Opferlichter zusammensetzen	x	x				x										3	
	13.3	Hülsen kleben	x	x				x										3	
	13.4	Abhängen von Leimringen	x	x				x										3	
	13.5	Bügeln	x	x				x										3	
	13.6	Bademäntel zusammenlegen	x	x				x											3
14	14.1	Kleber mit Pistole auftragen	x	x							x							3	
	14.2	Kleber mit Pinsel auftragen	x	x							x							3	
	14.3	Montage Druckstange	x	x							x							3	
	14.4	Zusammenfügen Hebehalter u Handbremshebel	x	x							x							3	
	14.5	Entgraten	x	x							x							3	
15	15.1	Vormontage Schubladen	x	x														2	
	15.2	Spritzkabine	x	x														2	
	15.3	Nachschleifen	x	x														2	
16	16.1	Siebkerneinlage	x	x			x											3	
	16.2	Kerneinlage	x	x			x											3	
	16.3	Kernabnahme	x	x			x											3	
	16.4	Kernkleben	x	x			x											3	
	16.5	Kernbearbeitung	x	x			x											3	
	16.6	Manipulator	x	x			x											3	

Anh. 5, Tab.1 (Fortsetzung)

lfd. Nr.	Code	AP	Bewerter																M
			St	Be	BG	BAD	SiFa 1	SiFa 2	Abt.-lfr./Meister	Prakt.	BA	Ergo 1	Ergo 2	BR	GeA 1	GeA 2	GeA 3	Behörde	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
17	17.1	Paletten Schraubenschießen	x	x											x	x	x		5
18	18.1	Beklebeeinrichtung	x	x	x		x							x					5
	18.2	Kehleinrichtung	x	x	x		x							x					5
	18.3	Kabel thermisch abisolieren	x	x	x		x							x					5
	18.4	Kabelschuhe pressen	x	x	x		x							x					5
	18.5	Motoranschluss montieren	x	x	x		x							x					5
19	19.1	Kleben Trachealkanüle	x	x											x	x			4
	19.2	Ballonaufziehen	x	x											x	x			4
	19.3	Filter eindrücken	x	x											x	x			4
20	20.1	Lagerschild auflegen	x	x										x	x	x	x	x	7
	20.2	Wärmeleitpaste auftragen	x	x										x	x	x	x	x	7
	20.3	Gebläse verpacken	x	x										x	x	x	x	x	7
	20.4	Gehäusemontage	x	x										x	x	x	x	x	7
	20.5	Wuchten	x	x										x	x	x	x	x	7
21	21.1	Rouladen wickeln u. einlegen	x	x											x	x			4
	21.2	Schnitzel abpacken	x	x											x	x			4
	21.3	Wurst füllen	x	x											x	x			4
	21.4	Zerlegung Schweineschulter	x	x											x	x			4
	21.5	Zerlegung Rinderkeule	x	x											x	x			4
22	22.1	Teile schleifen	x	x															2
	22.2	Ringelbäume drehen	x	x															2

Anh. 5, Tab.1 (Fortsetzung)

lfd. Nr.	Code	AP	Bewerter																M
			St	Be	BG	BAD	SiFa 1	SiFa 2	Abt.-lfr./Meister	Prakt.	BA	Ergo 1	Ergo 2	BR	GeA 1	GeA 2	GeA 3	Behörde	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	22.3	Figuren leimen	x	x															2
	22.4	Pyramide montieren	x	x															2
	22.5	Bemalung	x	x															2
23	23.1	Rundtüren schleifen	x	x	x		x	x	x										6
	23.2	Verpacken	x	x	x		x	x	x										6
	23.3	Schubkastenmontage	x	x	x		x	x	x										6
	23.4	Dübel einschließen	x	x	x		x	x	x										6
	23.5	Folien bündig schneiden	x	x	x		x	x	x										6
24	24.1	Spiegel montieren u. einpacken	x	x	x		x												4
	24.2	Spiegel montieren u. in Papier einwickeln	x	x	x		x												4
	24.3	Spiegelglas aufrasten	x	x	x		x												4
	24.4	Heizfolie aufkleben	x	x	x		x												4
25	25.1	Motormontage, beschicken Automat	x																1
	25.2	Motormontage, Deckel	x																1
	25.3	Motormontage, Deckel aufdrücken	x																1
	25.4	Abnehmen, Kontrolle, Ablegen	x																1
	25.5	Modulmontage	x																1
26	26.1	Wickeln von Rotoren, Montage, Einlegen	x																1
	26.2	Endmontage, Lüfter	x																1
	26.3	Auflöten, Leiterplatte	x																1
	26.4	Fräswuchten (Automat beschicken)	x																1

Anh. 5, Tab.1 (Fortsetzung)

Ifd. Nr.	Code	AP	Bewerter																M
			St	Be	BG	BAD	SiFa 1	SiFa 2	Abt.-Itr./Meister	Prakt.	BA	Ergo 1	Ergo 2	BR	GeA 1	GeA 2	GeA 3	Behörde	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	26.5	Handwuchten	x																1
	26.6	Anlöten Platine	x																1
27	27.1	Entgraten, Türverkleidung	x																1
	27.2	Entgraten, Stoßdämpfer, Kontrolle	x																1
28	28.1	Leiterplatten bestücken, Sonderfertigung	x																1
	28.2	Handisolieren, Umwickeln Spule	x																1
	28.3	maschinelles Isolieren	x																1
112 bewertete AP			Bewertungen insgesamt																410