



Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse 2011

U. Steinberg, F. Liebers, A. Klußmann, Hj. Gebhardt, M. A. Rieger,
S. Behrendt, U. Latza

**Forschung
Projekt F 2195**

U. Steinberg
F. Liebers
A. Klußmann
Hj. Gebhardt
M. A. Rieger
S. Behrendt
U. Latza

**Leitmerkalmethode
Manuelle Arbeitsprozesse 2011**

**Bericht über die Erprobung, Validierung
und Revision**

Diese Veröffentlichung ist zugleich der Abschlussbericht zum Projekt „Evaluierung einer Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei manueller Arbeit mit geringen Kräften“ – Projekt F 2195 – der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Er beruht auf dem internen Abschlussbericht zum Forschungsbericht F 2195 (Institut ASER e.V., Dez. 2010), auf Ergebnissen aus dem Projekt 1911 und Eigenforschungsprojekten der BAuA.

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

Autoren: Dipl.-Ing. Ulf Steinberg
Dr. med. Falk Liebers
Sylvia Behrendt
Prof. Dr. rer. nat. Ute Latza, MPH
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Dr.-Ing. Hansjürgen Gebhardt
Dr.-Ing., M.Sc. André Klußmann
Institut für Arbeitsmedizin, Ergonomie und Sicherheitstechnik
Corneliusstraße 31, 42329 Wuppertal

Prof. Dr. med. Monika A. Rieger
Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und
Versorgungsforschung
Universitätsklinikum Tübingen
Wilhelmstraße 27, 72074 Tübingen

Titelfoto: Uwe Völkner, Fotoagentur FOX, Lindar/Köln

Umschlaggestaltung: Rainer Klemm
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Herstellung: Bonifatius GmbH, Paderborn

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, 44149 Dortmund
Telefon 0231 9071-0
Fax 0231 9071-2454
poststelle@baua.bund.de
www.baua.de

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

Dresden:
Fabricestr. 8, 01099 Dresden
Telefon 0351 5639-50
Fax 0351 5639-5210

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.
Aus Gründen des Umweltschutzes wurde diese Schrift auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

ISBN 978-3-88261-722-1

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------------|--|----|
| Kurzreferat | | 7 |
| Abstract | | 8 |
| 1 | Vorbemerkungen | 9 |
| 1.1 | Eckpunkte des Projekts | 9 |
| 1.2 | Gesundheitspolitischer Hintergrund | 11 |
| 1.3 | Beziehung zu vergleichbaren Methoden | 12 |
| 2 | Rückblick und Ergänzungen zum Forschungsprojekt F 1994 Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse | 14 |
| 2.1 | Methodische Schwerpunkte | 14 |
| 2.2 | Akzeptanz und Anwendungsbreite des Entwurfs | 15 |
| 2.3 | Grundsätze der Evaluierung des Entwurfs der LMM MA | 16 |
| 3 | Umfang der Evaluierung der LMM MA 2007 | 17 |
| 3.1 | Projektbündel Evaluierung der LMM MA 2007 | 17 |
| 3.2 | Studiendesign, Erhebungsinstrumente und Datenauswertung | 19 |
| 3.2.1 | Studiendesign | 19 |
| 3.2.2 | Erhebungsinstrumente | 20 |
| 3.3 | Datenauswertung | 24 |
| 3.3.1 | Auswertungen zur Kriteriumsvalidität | 24 |
| 3.3.2 | Auswertungen zur Konvergenzvalidität | 25 |
| 3.3.3 | Auswertungen zur Reliabilität und Objektivität der Methode | 25 |
| 3.3.4 | Auswertungen zur Anwendbarkeit der Methode | 26 |
| 3.4 | Untersuchungsumfang | 26 |
| 3.4.1 | Betrachtete Tätigkeiten und Beschäftigte | 26 |
| 3.4.2 | Anwenderkollektiv zur Abschätzung der Reliabilität der LMM MA 2007 | 27 |
| 3.4.3 | Anwenderkollektiv zur Abschätzung der Reliabilität der LMM MA 2011 | 28 |
| 4 | Ergebnisse der Evaluierung der LMM MA 2007 | 29 |
| 4.1 | Ergebnis der Bewertung der untersuchten Arbeitsplätze mit Hilfe der LMM MA 2007 sowie Verteilung der Studienpopulation | 29 |
| 4.2 | Evaluierung bezüglich der Kriteriumsvalidität | 30 |
| 4.2.1 | Ergebnisse der Durchführung von Untersuchungen zur Kriteriumsvalidität | 30 |
| 4.2.2 | Ergebnis der klinischen Untersuchung | 40 |
| 4.2.3 | Bewertung der Kriteriumsvalidität | 42 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.3 | Ergebnisse der Evaluierung bezüglich der Konvergenzvalidität | 42 |
| 4.3.1 | Vorbemerkungen | 42 |
| 4.3.2 | „Konkurrierende“ Methoden | 43 |
| 4.3.3 | Vergleich der Methodenstrukturen und Bewertungen | 43 |
| 4.3.4 | Vergleich der Beurteilungsergebnisse | 56 |
| 4.3.5 | Resümee | 59 |
| 4.4 | Ergebnisse der Evaluierung bezüglich der Reliabilität und Objektivität | 60 |
| 4.4.1 | Durchführung von Untersuchungen zur Reliabilität und Objektivität | 60 |
| 4.4.2 | Bestimmung der Zeitwichtung | 60 |
| 4.4.3 | Bestimmung der Wichtung der Art der Kraftausübung | 61 |
| 4.4.4 | Bestimmung der Wichtung der Arbeitsorganisation | 63 |
| 4.4.5 | Bestimmung der Wichtung der Ausführungsbedingungen | 64 |
| 4.4.6 | Bestimmung der Wichtung der Körperhaltung | 64 |
| 4.4.7 | Bestimmung der Wichtung der Hand-/Armstellung und -bewegung | 66 |
| 4.4.8 | Berechnung des Gesamtscores | 67 |
| 4.4.9 | Bewertung der Tätigkeit | 68 |
| 4.4.10 | Zusammenfassende Einschätzung zur Reliabilität und Objektivität | 69 |
| 4.5 | Evaluierung bezüglich der Anwendbarkeit | 70 |
| 4.5.1 | Anwenderinteresse | 70 |
| 4.5.2 | Generelle Fragen der Anwendbarkeit der Methode | 70 |
| 4.5.3 | Spezifische Fragen zur Anwendbarkeit der Methode | 71 |
| 5 | Ergänzende Handkraftmessungen | 79 |
| 5.1 | Vormerkungen | 79 |
| 5.2 | Ziel | 80 |
| 5.3 | Messprogramm | 81 |
| 5.4 | Messtechnik und Versuchsaufbau | 83 |
| 5.5 | Versuchspersonen | 85 |
| 5.6 | Ergebnisse | 85 |
| 5.7 | Zusammenfassung und Diskussion | 88 |
| 6 | Revision der LMM MA 2007: Neufassung als LMM MA 2011 | 92 |
| 6.1 | Eckpunkte der Revision und grundsätzliche Aspekte der Wichtung | 92 |
| 6.2 | Überarbeitung der Wichtungstabellen | 93 |
| 6.2.1 | Zeitwichtung | 93 |
| 6.2.2 | Wichtung der Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | 95 |
| 6.2.3 | Wichtung der Kraftübertragung/Greifbedingungen | 100 |
| 6.2.4 | Wichtung der Hand-/Armstellung und -bewegung | 102 |
| 6.2.5 | Wichtung der Arbeitsorganisation | 102 |
| 6.2.6 | Wichtung der Ausführungsbedingungen | 103 |
| 6.2.7 | Wichtung der Körperhaltung | 103 |
| 6.2.8 | Bewertung | 105 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 6.2.9 | Strukturelle Änderungen | 105 |
| 6.3 | Die LMM MA E (Experten-Screening) | 106 |
| 7 | Bestimmung der Gütekriterien der LMM MA 2011 | 110 |
| 7.1 | Evaluierung bezüglich der Kriteriumsvalidität | 110 |
| 7.1.1 | Erläuterungen zur Evaluierung der LMM MA 2011 bezüglich der Präsenz von Beschwerden im Muskel-Skelett-System | 110 |
| 7.1.2 | Ergebnisse der Durchführung von Untersuchungen zur Kriteriumsvalidität | 113 |
| 7.2 | Ergebnisse der Evaluierung bezüglich der Konvergenzvalidität | 120 |
| 7.3 | Analyse der Reliabilität | 122 |
| 7.4 | Diskussion zu den Gütekriterien der LMM MA 2011 | 123 |
| 8 | Zusammenfassung und Ausblick | 125 |
| | Literaturverzeichnis | 127 |
| | Abkürzungsverzeichnis | 135 |
| | Danksagung | 137 |
| Anhang 1 | LMM MA 2007 – Formblatt | 138 |
| Anhang 2 | Einzelwertung der Arbeitsplätze nach LMM MA 2007 | 141 |
| Anhang 3 | Bewertung physischer und umgebungsbedingter Belastungen | 149 |
| Anhang 4 | LMM MA 2011 – Formblatt | 154 |
| Anhang 5 | LMM MA 2011 – Kurzfassung der Handlungsanleitung | 157 |
| Anhang 6 | LMM MA 2011 – Ausführliche Handlungsanleitung | 166 |
| Anhang 7 | Ergebnisse der ergänzenden Handkraftmessungen im Laborversuch | 188 |

Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse 2011

Kurzreferat

Beschwerden und Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems gehören zu den häufigsten Gründen für Arbeitsausfall in Deutschland. Anerkannte Risikofaktoren sind manuelle Lastenhandhabungen sowie lang anhaltende und/oder häufig wiederkehrende dynamische Belastungen des Finger-Hand-Arm-Bereiches bei manuellen Tätigkeiten.

Um das Risiko für das Auftreten von tätigkeitsbedingten Beschwerden und Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems abschätzen zu können, wurden die Leitmerkmalmethoden (LMM) für das „Heben, Halten und Tragen von Lasten“ sowie das „Ziehen und Schieben von Lasten“ entwickelt und in den Jahren 2001 und 2002 veröffentlicht. Zur Beurteilung von manuellen Arbeitsprozessen (MA) wurde durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin im Jahr 2007 der Entwurf einer Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse (LMM MA) veröffentlicht.

Ziel des vorliegenden Projektes war es, den Entwurf LMM MA 2007 hinsichtlich seiner wissenschaftlichen Güte und Praxistauglichkeit zu testen und zu überarbeiten. Dazu wurde geprüft, ob mit der Methode eine Voraussage für das Auftreten von arbeitsbedingten Beschwerden in Abhängigkeit von der Belastungssituation möglich ist (Kriteriumsvalidität), ob das Ergebnis der Methode mit den Ergebnissen ausgewählter vergleichbarer Methoden (Hand-Arm-Risk-Assessment Method (HARM), Manual Tasks Risk Assessment Tool (ManTRA), Assessment of Repetitive Tasks (ART) of the upper limbs, Occupational Repetitive Actions (OCRA) Checklist, Job Strain Index (SI), Threshold Limit Value for Mono-Tasks Handwork (TLV HAL)) kompatibel ist (Konvergenzvalidität), ob verschiedene Anwender zu vergleichbaren Ergebnissen kommen (Interrater-Reliabilität und Objektivität) und ob die Methode durch die Zielgruppe ausfüllbar ist (Anwendbarkeit).

Die mit dem Entwurf der LMM MA 2007 erzielten kategorisierten Punktwerte zeigten eine gute bis sehr gute Vorhersagbarkeit für Hand-/Handgelenksbeschwerden und für Ellenbogen-/Unterarmbeschwerden sowie eine moderate Vorhersagbarkeit für Schulterbeschwerden. In der vergleichenden Beurteilung von 105 Tätigkeiten zeigte der transformierte LMM MA 2007 Gesamtscore ähnliche Ergebnisse wie die transformierten Scores der anderen Vergleichsmethoden, die aufgrund unterschiedlicher Indikatoren und Skalierungen angepasst werden mussten. Die Objektivität kann insgesamt als moderat beurteilt werden. In Erprobungsstudien unter Praxisanwendern zeigte sich, dass die meisten Leitmerkmale recht gut bewertet werden konnten. Abweichungen in der Bewertung traten insbesondere bei der Wichtung der Leitmerkmale „Art der Kraftausübung“ und „Körperhaltung“ auf. Zur Ergänzung wurden beispielhafte Messungen der Aktionskräfte im Finger-Handbereich für praxistypische manuelle Arbeitsprozesse durchgeführt.

Die LMM MA 2007 wurde im Ergebnis der Methodentestung überarbeitet und erneut evaluiert. Die revidierte Fassung erfüllt die o. g. Kriterien gleich gut oder besser und wird als LMM MA 2011 für die Anwendung in der betrieblichen Praxis empfohlen.

Schlagwörter:

Leitmerkmalmethode, manuelle Arbeitsprozesse, Gefährdungsbeurteilung, Bewertungsmethode

Key Indicator Method Manual Handling Operations 2011

Abstract

Complaints and diseases of the musculoskeletal system are one of the most frequent reasons for absence from work in Germany. Accepted risk factors are manual handling of loads as well as long lasting and/or periodic dynamic work load of fingers, hands and arms when performing manual operations.

In order to estimate the risk of work related complaints and diseases of the musculoskeletal system the two Key Indicator Methods (KIM) for lifting, holding, carrying and for pushing, pulling were developed and published in the years 2001 and 2002. For the risk assessment of manual operations (MO) the draft for the third KIM Manual Operations (KIM MO) was published by the Federal Institute for Occupational Safety and Health in 2007.

The aim of this present project was to test the draft KIM MO 2007 regarding its scientific validity and capability approval in practice. For this purpose the method was tested for prediction of work related complaints depending on the work load (criterion validity), convergent validity of the KIM MO with the results from selected comparable methods (Hand-Arm-Risk-Assessment Method (HARM), Manual Tasks Risk Assessment Tool (ManTRA), Assessment of Repetitive Tasks (ART) of the upper limbs, Occupational Repetitive Actions (OCRA) Checklist, Job Strain Index (SI), Threshold Limit Value for Mono-Tasks Handwork (TLV HAL)), inter-rater reliability and objectivity as well as applicability of the method by the target group in practice.

The categorized rating points of the KIM MO 2007 demonstrated a good to very good predictability of complaints of the hand, wrist, and elbow/forearm. The predictability of complaints of the shoulder was moderate. The transformed KIM MO total score of 115 operations proved to be roughly comparable to the transformed scores of the other risk assessment methods given the need for adaptations due to different indicators and scaling. All together the objectivity of the KIM MO was moderate. The requested comments from the users of the KIM MO 2007 demonstrated that the applicability of most key indicators in practice was generally good. Deviations occurred particularly with the key indicators "type of applied force" and "body posture". Exemplary measurements of applied forces in the finger/hands for typical manual work operations were performed.

Based on these testing results the KIM MO 2007 was revised and evaluated again. The revised version fulfilled the above-named criteria of method quality at least comparably or better. As a consequence the KIM MO 2011 was published. It is recommended for a general application in practice.

Key words:

Key Indicator Method, manual operations, risk assessment, evaluation

1 Vorbemerkungen

1.1 Eckpunkte des Projekts

Der vorliegende Abschlussbericht schließt sich direkt an den Forschungsbericht F 1994 „Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse – Erarbeitung und Anwendungserprobung einer Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen“ an.

Anliegen des Projektes F 1994 war „eine Eingrenzung des weiten Problemfeldes auf nachvollziehbare arbeitsbezogene Zusammenhänge zur praxisgerechten Unterstützung der betrieblichen Akteure. Dazu gehörten auch fachübergreifende Verständigung und Kooperation zwischen Arbeitsvorbereitern, Arbeitsschützern, gesetzlichen Kranken- und Unfallversicherern, Wissenschaftlern und betrieblichen Gesundheitsförderern. Konkretes Ziel war die Bereitstellung und wissenschaftliche Begründung einer praxisgerechten 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 hoch repetitive 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 „Leitmerkalmethode 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 Leitmerkalmethoden enthält sie eine objektive Anforderungs- und Belastungsbeschreibung 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.“ (Auszug aus dem Forschungsbericht F 1994, STEINBERG et al., 2007).

Anliegen des aktuellen Projektes waren die Evaluierung dieses Methodenentwurfs und die Sammlung von Anwendungserfahrungen. Es wurde überprüft, ob und in welchem Maße mit dem Bewertungsverfahren und den zugrunde gelegten Hypothesen eine Korrelation zwischen dem Auftreten von arbeitsbedingten Beschwerden (Wirkung) und der Belastungssituation (Ursache) möglich ist. Ein anderer Aspekt war die weitere praxisbezogene Testung der überarbeiteten LMM MA hinsichtlich Validität, Objektivität, Reliabilität und Anwendbarkeit. Die in der Methode benutzten Skalen für einzelne Leitmerkmale waren durch Berücksichtigung weiterer Praxissituationen zu überprüfen und ggf. zu ergänzen und zu vervollständigen.

Folgenden Fragestellungen wurde nachgegangen:

- Ist mit der Methode eine Voraussage für das Auftreten von arbeitsbedingten Beschwerden in Abhängigkeit von der Belastungssituation möglich? (Kriteriumsvalidität)
- Ist das Ergebnis der Methode mit den Ergebnissen anderer Methoden kompatibel? (Konvergenzvalidität)
- Kommen verschiedene Anwender zu einem vergleichbaren Ergebnis? (Reliabilität und Objektivität)

- Ist die Methode für die Zielgruppe geeignet? (Anwendbarkeit)

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse mehrerer Teilprojekte zusammen. Das sind:

- Fremdforschungsprojekt F 2195 „Evaluierung einer Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei manueller Arbeit mit geringen Kräften“ 7 Tätigkeitsgruppen in 5 Unternehmen (Institut ASER e.V.),
- Eigenforschungsprojekt „Analyse und Bewertung der Tätigkeiten Maschinenbedienung“ in drei Fertigungsbereichen eines Unternehmens (BAuA, FG 3.1, vertraulich),
- Eigenforschungsprojekt „Analyse und Bewertung der Tätigkeit Kuvertieren“ in einem Unternehmen (BAuA, FG 3.1, vertraulich),
- Eigenforschungsprojekt „Analyse und Bewertung der Tätigkeit Punktschweißen“ in einem Unternehmen (BAuA, FG 3.1, vertraulich),
- Analyse der Anwendungserfahrungen und Fragen (BAuA, FG 3.1 und Institut ASER e.V. in Zusammenarbeit mit Prof. Rieger, Universität Witten/Herdecke bzw. Universitätsklinikum Tübingen),
- Ergänzende Studie zur Ermittlung von maximalen Finger- und Handkräften (BAuA, FG 3.1) (Abschn. 5).

Für die Ermittlung der Kriteriumsvalidität und zur Bildung eines Referenzkollektivs wurden die Ergebnisse und die zugrunde liegenden Datensätze des Forschungsprojektes F 1911 „Beschwerden und Erkrankungen der oberen Extremitäten an Bildschirmarbeitsplätzen“ (GEBHARDT et al., 2006) verwendet.

Ein Schwerpunkt der vorliegenden umfassenden Evaluierung war die vergleichende Analyse der „konkurrierenden“ Methoden. Der Entwurf der Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse wurde ja nicht vollständig neu entwickelt. Grundlage waren 37 publizierte Belastungs-Beanspruchungs-Beanspruchungsfolge-Modelle dieser anderen Methoden. Diese wurden ausgewertet und auf das System Leitmerkmalmethoden übertragen. Die seit 2007 hinzugekommenen Methoden wurden zusätzlich erfasst.

Ein anderer Schwerpunkt war die Verbesserung der Unterstützung der Praktiker bei der Skalierung der Aktionskräfte. Hierfür wurden aus Literaturangaben maximale isometrische Aktionskräfte zusammengestellt, durch eigene Messungen vervollständigt und mit Referenzkraftwerten für ausgewählte Fälle ergänzt. Diese Daten sind die Grundlage für die Überarbeitung der Tabelle zur Kraftwichtung.

Ein weiterer Schwerpunkt war die methodische Erweiterung für die Gesamtbewertung bei unterschiedlichen manuellen Arbeitsprozessen, die von einem Beschäftigten ausgeführt werden. Der Praxisbedarf an einer solchen Bewertungsmöglichkeit ist groß und wurde vielfach eingefordert.

Der zuletzt zu nennende Schwerpunkt betrifft die Anwenderunterstützung. Die Handlungsanleitung zum Entwurf der LMM MA, die im Umfang und Aufbau der Handlungsanleitung der LMM Heben, Halten und Tragen entsprach, erwies sich als nicht ausreichend. Zur Reduzierung von Anwendungsfehlern und Beurteilungsdifferenzen wurde sie präzisiert und durch ausführliche Handlungshinweise mit Referenzbeispielen ergänzt.

1.2 Gesundheitspolitischer Hintergrund

Hinsichtlich des Vorkommens und der gesundheitspolitischen Bedeutung der manuellen Arbeitsprozesse haben sich gegenüber 2007 keine wesentlichen Änderungen ergeben. Die Ausführungen im Forschungsbericht F 1994 (STEINBERG et al., 2007) sind auch weiterhin gültig.

Beschwerden und Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems gehören zu den häufigsten Gründen für Arbeitsausfall in Deutschland. Die Arbeitsausfalltage (AU-Tage) als Folge von Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes summierten sich in den Jahren 2003 bis 2011 jeweils auf 18,6 bis 23,7 Millionen AU-Tage insgesamt bzw. 25,4 und 27,6 % aller AU-Tage (BKK-Bundesverband 2004; 2004; 2005; 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011). Daraus resultierte ein Ausfall der Bruttowertschöpfung in Höhe von 19,2 Mrd. Euro (BMAS, 2012). Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems zählen auch zu den häufigsten Gründen für einen frühzeitigen Rentenzugang wegen verminderter Erwerbsfähigkeit (16 % aller Rentenzugänge wegen verminderter Erwerbsfähigkeit). Das durchschnittliche Zugangsalter lag hier im Jahr 2008 bei 55,6 Jahren im Vergleich zu 63,4 Jahren bei den Erwerbstätigen, die regulär aus dem Erwerbsleben ausgeschieden sind (BMAS, 2010).

Daher sollte eine alters- und altersgerechte Gestaltung und Organisation der Arbeit auf eine Reduktion der Belastungen des Muskel-Skelett-Systems und somit auch den damit verbundenen Beschwerden und Erkrankungen fokussieren, um auch diejenigen Erwerbstätigen einschließen zu können, die in ihrer Tätigkeit hohen physischen Belastungen ausgesetzt sind. Entsprechend ist die Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA) u. a. auf die Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen (GDA, 2009) ausgerichtet.

Lang anhaltende und/oder häufig wiederkehrende dynamische Belastungen des Finger-Hand-Arm-Bereiches bei manuellen Tätigkeiten allein oder in Kombination mit statischer Halte- und Haltungsarbeit werden als Ursache von Beschwerden und Erkrankungen der oberen Extremitäten weitgehend sowohl in älteren als auch aktuellen Übersichtsarbeiten bestätigt (BERNARD, 1997; BUCKLE und DEVEREUX, 1999; DA COSTA und VIEIRA, 2010; VAN RIJN et al., 2009a; VAN RIJN et al., 2009b; VAN RIJN et al., 2010; HOEHNE-HÜCKSTÄDT, 2007) und werden in biomechanischen Modellen zur Pathogenese spezifischer Erkrankungen der oberen Extremitäten berücksichtigt (ARMSTRONG et al., 1993; MOORE, 2002). Schwerpunkte sind dabei sowohl Schmerzempfindungen und Funktionseinschränkungen durch direkte Fehl- und Überbeanspruchung der Muskeln, Sehnen, Sehnengleitgewebe, Gelenkstrukturen und Nerven im Bereich der Hände, der Unterarme und Ellenbogen, der Schultern und indirekte Wirkungen, wie Verspannungen in der Schulter-Nackmuskulatur (SLUITER et al., 2000; SLUITER et al., 2001).

Die Bedeutung von wiederholten Hand-Armbewegungen während der beruflichen Tätigkeit spiegelt sich auch in einer aktuellen Erhebung über die Arbeitsbedingungen in Europa durch „Eurofound“ wieder (EWCS, 2010), (Tab. 1.1). Demnach waren hier von in Deutschland im Jahr 2010 rund 22 % der Arbeitnehmer betroffen.

Tab. 1.1 Häufigkeit von wiederholten Hand-Armbewegungen bei der Arbeit (EWCS, 2010)

| Müssen Sie bei Ihrer Arbeit stets gleiche Hand- oder Armbewegungen ausführen? (Fast) immer antworteten ... [%] | | | | |
|---|------|------|------|------|
| Art der beruflichen Tätigkeit | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 |
| hoch qualifizierter Angestellter | 9,9 | 9,1 | 17,3 | 14,2 |
| gering qualifizierter Angestellter | 19,2 | 20,8 | 34,0 | 24,1 |
| hoch qualifizierter Arbeiter | 20,0 | 22,0 | 46,5 | 23,8 |
| gering qualifizierter Arbeiter | 38,9 | 32,5 | 48,2 | 25,3 |
| insgesamt | 21,7 | 21,0 | 34,5 | 22,1 |

Anliegen der LMM MA ist deshalb im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung die Ermittlung kritischer Belastungssituationen, die Abschätzung des Risikos einer physischen Überbeanspruchung und das Aufzeigen von Präventionsansätzen.

1.3 Beziehung zu vergleichbaren Methoden

Arbeitsbedingte Beschwerden und Erkrankungen im Bereich der oberen Extremitäten sind weltweit häufig diskutierte Themen. Im Rahmen einer Literaturrecherche in überwiegend deutscher und englischer Sprache wurden 37 Methoden zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen im Zusammenhang mit repetitiver Hand-Arm-Arbeit ermittelt (STEINBERG et al., 2007). In diesen Methoden werden über 150 unterschiedliche Einzelmerkmale genannt, die sich in 11 Merkmalgruppen zusammenfassen lassen. Aufgrund der Vielzahl von Beschwerdeformen und Diagnosen in Verbindung mit vielgestaltigen und zeitlich differenzierten Belastungen ergibt sich eine schwer zugängliche Ursache-Wirkungs-Struktur, in die zusätzlich in unterschiedlichem Umfang individuelle und außerberufliche Faktoren einfließen. Im Vergleich zu den Verfahren zu manuellen repetitiven Tätigkeiten ist bei den weltweit publizierten Methoden zum Heben, Halten, Tragen dagegen eine grundsätzliche Einigkeit erkennbar. Allen gemeinsam ist, dass biomechanische, physiologisch-metabolische und Erträglichkeitsmerkmale die bestimmenden Kriterien für die Bewertung der Tätigkeiten sind. Die Dauer und Häufigkeit in Verbindung mit Lastgewichten, Körperhaltungen und -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 oder nur unvollständig genannt werden, bleiben viele Fragen offen.

In mehreren Methoden erfolgt eine zusammenfassende Gesamtbewertung in Form einer Risikokennzahl. Das dabei bestehende Grundproblem, dass mehrere unterschiedliche und klinisch differenzierte Beschwerden im Hand-Arm-Schulter-Bereich „in einen Topf geworfen werden“ und als arbeitsbezogene „repetitive strain injuries“ (RSI) bewertet werden, wird von den Methodenentwicklern fast nie thematisiert (STEINBERG et al., 2007).

In einem aktuellen Review von TAKALA et al. (2010) werden 30 Methoden beschrieben, mit denen sich das Risiko von arbeitsbezogenen Muskel-Skelett-Beschwerden

oder Erkrankungen ermitteln lassen. TAKALA et al. (2010) ermittelten bei lediglich 12 dieser Methoden, dass sie dahingehend überprüft worden sind, ob das ermittelte Risiko auch mit Muskel-Skelett-Beschwerden oder Erkrankungen in Verbindung steht. Über Inter-Observer-Reliabilität (Übereinstimmungen innerhalb der Beobachter) wurde in 7 Methoden und über Intra-Observer-Reliabilität (Übereinstimmungen zwischen den Beobachtern) in 17 der insgesamt 30 betrachteten Methoden berichtet (Tab. 1.2).

Tab. 1.2 Auszug aus einem Review von TAKALA et al. (2010) zu Methoden für die Beurteilung der Belastung der oberen Extremitäten bei der Arbeit. Anwender = W (Wissenschaftler), P (Praktiker), B (Beschäftigte). Studienart: X = Querschnittsstudien, L = Längsschnittstudien

| Methoden für die Beurteilung der Belastung der oberen Extremitäten bei der Arbeit | Anwender | Kriteriumsvalidität | Konvergenzvalidität | Inter-Observer | Intra-Observer |
|---|----------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|
| Health and Safety Executive (HSE) upper-limb risk assessment method | P, B (?) | - | - | - | - |
| Stetson's checklist | W | - | - | - | moderat |
| RULA (Rapid Upper-Limb Assessment) | P, W | gering-moderat | X | - | moderat-gut |
| Keyserling's cumulative trauma checklist | P, W | moderat | - | - | gering-moderat |
| SI (Strain Index) | P, W | moderat | L, X | moderat-gut | moderat-gut |
| OCRA (Occupational Repetitive Actions) | P, W | moderat | X | - | - |
| ACGIH-HAL (American Conference of Governmental Industrial Hygienists Hand Activity Level) | P, W | moderat | L, X | gut | moderat |

Zu dieser Studie ist anzumerken, dass die Auswahl der analysierten Methoden unvollständig ist und sich nicht mit den im F 1994 beschriebenen und den im Abschnitt 3 betrachteten konkurrierenden Methoden deckt. Unter anderen wurde die LMM MA nicht berücksichtigt. Als Ursache dafür kann angenommen werden, dass die Recherchen ausschließlich in der international ergonomischen und arbeitsmedizinisch/epidemiologischen Standardliteratur erfolgten. Betriebsorientierte und für Arbeitsschutzinspektionen relevante Methoden werden jedoch eher im nationalen Rahmen und weniger intensiv publiziert. Diese Literaturquellen sind schwieriger zugänglich.

2 Rückblick und Ergänzungen zum Forschungsprojekt F 1994 Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse

2.1 Methodische Schwerpunkte

Ziel und grundsätzliche Philosophie der LMM ist es, den betrieblichen Akteuren des Arbeits- und Gesundheitsschutzes ein Instrument zur Verfügung zu stellen, welches sie beim Erfüllen der Forderungen des Gesetzgebers, die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten zu beurteilen, unterstützt. Die LMM Heben, Halten, Tragen und die LMM Ziehen, Schieben bezogen sich expliziert auf die Lastenhabungsverordnung. Diese Methoden waren von Beginn an darauf ausgelegt, alle Bestandteile der Gefährdungsbeurteilung abzudecken: Analyse, Bewertung und Gestaltung.

Auch wenn die LMM nur Screeningmethoden und zur betrieblichen Anwendung empfohlen sind, wurden sie im Laufe der Zeit zu einem überbetrieblichen Standard. Die hohe Akzeptanz bei den Anwendern nach kritischer Prüfung, die durchaus als erfahrungsergonomische Validierung eingestuft werden kann, hat erhebliche Auswirkungen auf die betriebliche Zeitwirtschaft. Es gibt zahllose Belege für die intensiven Bemühungen, an möglichst allen Arbeitsplätzen die 25 Punkte-Grenze, die für alle normal belastbaren Personen eine Sicherheitsgrenze darstellt, einzuhalten. Dabei werden die LMM sowohl in der Originalvariante als auch betriebsspezifisch modifiziert eingesetzt. Beispiele sind das Belastungs-Dokumentations-System (BDS) des Instituts ASER e.V. oder die branchenbezogene Erweiterung im European Assembly Work Sheet (EAWS) des Instituts für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt.

Mit zunehmender Verbreitung der Leitmerkalmethoden zur manuellen Lastenhandhabung wuchs zugleich der Bedarf an einer Methode zur Beurteilung von physischen Belastungen durch geringe Lastgewichte bzw. Aktionskräfte bei größerer Häufigkeit. Eine LMM MA wurde von vielen Betriebspraktikern seit längerem eingefordert. Diese verständliche Forderung für eine praxisgerechte Grundbetreuung sprengte aber den bisherigen Rahmen der LMM. Ging es bei der Beurteilung der manuellen Lastenhandhabung um vergleichsweise wenige Arbeitsplätze mit übersichtlichen Transportabläufen und weitgehend bekanntem Belastungs-Beanspruchungs-Schädigungsmodell, ist es bei der Beurteilung der manuellen Arbeitsprozesse erheblich schwieriger. Manuelle Arbeitsprozesse sind vielfältig, die Anzahl der Beschäftigten ist deutlich höher und das Belastungs-Beanspruchungs-Schädigungsmodell ist komplex.

An dieser Stelle muss auf das Bewertungsmodell der LMM hingewiesen werden. Mit den LMM wird die Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung bewertet. Dabei werden Art und Schwere möglicher Gesundheitsschäden nicht näher spezifiziert. Es wird lediglich auf eine bestehende Gefährdung hingewiesen. Ein Fallbeispiel soll das verdeutlichen. Das wiederholte Heben von Lasten vom Fußboden wird mit 35 Punkten „Erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich. Gestaltungsmaßnahmen sind zu prüfen.“ bewertet. Die Gefahr einer Überbeanspruchung besteht beim Heben mit geraden Beinen für die Lendenwirbelsäule, bei Heben aus den Knien mit geradem Rücken für die Kniegelenke. Eine genauere Ermittlung ist nur unter Berücksichtigung der konkreten Arbeitsausführung möglich.

Das Bewertungsmodell gilt für alle LMM gleichermaßen. Ob die Folgen einer Überbeanspruchung bei manuellen Arbeiten die Hände, die Ellenbogengelenke oder den Schulter-/Nackbereich betreffen, lässt sich nur bedingt voraussagen, da auch hier die konkreten Arbeitsausführungen berücksichtigt werden müssen. Wie im Forschungsbericht F 1994 (STEINBERG et al., 2007) beschrieben, werden bei der Gefährdungsbeurteilung von manuellen Arbeiten im Hand-, Arm-, Schulter- und Nackbereich 13 unterschiedliche Krankheitsbilder berücksichtigt. Die Validierung der Methode ist aufgrund dieser komplexen Struktur mit methodischen Schwierigkeiten verbunden. Es gibt keine einfache Belastungs-Beanspruchungs-Beziehung, die auf einer linearen Ursache-Wirkungsbeziehung begründet ist. Aufgrund der Erfahrungen bei der Validierung der bestehenden LMM HHT erfolgte die Beschreibung der Auswirkungen der physischen Belastung durch die parallele Erhebung der subjektiv empfundenen Beanspruchung, der gesundheitlichen Beschwerden und durch eine ärztliche Untersuchung. Mit diesem Ansatz ist es möglich, bei höheren Arbeitsbelastungen einen Zusammenhang zwischen der Höhe der Belastung und gesundheitlichen Beanspruchungsfolgen (z. B. Beschwerden) herzustellen.

2.2 Akzeptanz und Anwendungsbreite des Entwurfs

Der Forschungsbericht F 1994 „Leitmerkmalermethode Manuelle Arbeitsprozesse“ (STEINBERG et al., 2007) wurde 2007 als Gründruck in einer Auflage von 100 Exemplaren und im Internet publiziert. In den Folgejahren wurde dieser Bericht insgesamt über 10.000 Mal herunter geladen. Hinzu kommen etwa 7.500 Downloads der Quartbroschüre „Manuelle Arbeit ohne Schaden“, die zusätzlich auch in der Papierversion mit einer Auflagenhöhe von 2.000 Exemplaren verfügbar ist (STEINBERG et al., 2007).

Die unerwartet hohe Nachfrage belegt ein hohes Interesse an der Thematik. Diese zeigt sich auch in den vielen zielgerichteten Anfragen und positiven kritischen Stellungnahmen der Anwender. Das positive Feedback ist insbesondere deshalb wichtig, weil der Entwicklungsprozess anspruchsvoll und widersprüchlich war und die Methode aus den genannten Gründen nur ein praxisorientierter Kompromiss sein kann. Dennoch hat sie aus der Sicht der Anwender die Zielstellung im Wesentlichen erfüllt. Viele der Bedenken der Methodenentwickler werden von den Anwendern nicht geteilt. Sie empfinden die Methode überwiegend als hilfreich und haben sie bereits in der Entwurfsphase als „betriebliche Standardmethode“ implementiert. Es gibt aber auch Anwender, die auf Widersprüche zu den Methoden der Arbeitssystemgestaltung und zum Tarifrecht hinweisen.

Bereits im Stadium des Entwurfs wurde die LMM MA neben der „einfachen“ Gefährdungsbeurteilung auch für die Arbeitssystemgestaltung, den Personaleinsatz und die arbeitsmedizinische Betreuung eingesetzt.

2.3 Grundsätze der Evaluierung des Entwurfs der LMM MA

Im Rahmen der Evaluationsprojekte wurde überprüft, ob und in welchem Maße mit dem Entwurf der LMM MA und den zugrunde gelegten Hypothesen eine Korrelation zwischen dem Auftreten von arbeitsbedingten Beschwerden (Wirkung) und der Belastungssituation (Ursache) möglich ist. Ein anderer Aspekt war die weitere praxisbezogene Testung der neu entwickelten LMM MA hinsichtlich Validität, Objektivität und Reliabilität. Die in der Methode benutzten Skalen für einzelne Leitmerkmale waren durch Berücksichtigung weiterer Praxissituationen zu überprüfen, ggf. zu ergänzen und zu vervollständigen. Insbesondere wurde folgenden Fragestellungen nachgegangen:

- Ist mit der Methode eine Voraussage für das Auftreten von arbeitsbedingten Beschwerden in Abhängigkeit von der Belastungssituation möglich? (Kriteriumsvalidität)
- Ist das Ergebnis der Methode mit den Ergebnissen anderer Methoden kompatibel? (Konvergenzvalidität)
- Kommen verschiedene Anwender zu einem vergleichbaren Ergebnis? (Reliabilität und Objektivität)
- Ist die Methode für die Zielgruppe geeignet? (Anwendbarkeit)

Die Methoden und Ergebnisse der Testung der LMM MA 2007 sind im Abschnitt 4 ausführlich dargestellt.

Für die Evaluierung wurden Tätigkeiten ausgewählt, die zeitlich stabil sind und keine größeren Schwankungen in den Belastungsprofilen aufweisen. Ein weiteres wichtiges Kriterium war, dass ausreichend viele Beschäftigte mit mehrjähriger Tätigkeitsdauer verfügbar waren, um statistisch auswertbare Ergebnisse zu sichern. Ob die LMM MA auch für manuelle Tätigkeiten mit erheblicher Variabilität und zeitlichen Schwankungen gleichermaßen einsetzbar ist, konnte mit dem vorliegenden Studienansatz nicht geprüft werden. Hierzu sind weitere Studien erforderlich. Insbesondere unter Berücksichtigung der Repräsentativität der Belastungsprofile sind dafür grundsätzliche methodische Fragen zu klären (MATHIASSEN, 2006) und ein wesentlicher erweiterter Projektansatz zu definieren (OCCHIPINTI und COLOMBINI, 2009).

3 Umfang der Evaluierung der LMM MA 2007

3.1 Projektbündel Evaluierung der LMM MA 2007

Der vorliegende Abschnitt beinhaltet Erhebungen und Ergebnisse verschiedener Fremdforschungs- und Eigenforschungsprojekte:

- Fremdforschungsprojekt F 2195 „Evaluierung einer Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei manueller Arbeit mit geringen Kräften“, finanziert von der BAuA, bearbeitet vom Institut ASER e.V. in Zusammenarbeit mit Prof. Rieger, Universität Witten/Herdecke bzw. Universitätsklinikum Tübingen
7 Tätigkeitsgruppen in 5 Unternehmen: Nr. 5, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 15,16, 17, 18 (Tab. 3.1)
- Eigenforschungsprojekte der BAuA, FG 3.1
4 Tätigkeitsgruppen in 3 Unternehmen: Nr. 4,10, 12, 13 (Tab. 3.1).

Tab. 3.1 Übersicht der analysierten Tätigkeitsgruppen

| Nr. | Tätigkeit | Anzahl | | | Alter | | Kurzbeschreibung der Tätigkeit |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------------|------------------|---|
| | | M ^{*)} | F ^{*)} | insg. ^{*)} | MW ^{*)} | SD ^{*)} | |
| 1 | Büro | 306 | 498 | 804 | 40,5 | 9,5 | Referenzkollektiv Überwiegend Bildschirmarbeit, sehr geringe Kräfte mit geringen/ mittleren Bewegungshäufigkeiten, überwiegend sitzende Tätigkeit |
| 2 | Labor | 65 | 95 | 160 | 38,4 | 9,4 | Wechsel zwischen Labor-/Mikroskopiertätigkeiten und Bildschirmarbeit, geringe Kräfte, kurze statische Haltearbeit, überwiegend Sitzen und Stehen |
| 3 | Lager | 5 | 77 | 82 | 37,6 | 9,0 | Verwaltungstätigkeiten, Bildschirmarbeit, teilweise Lastenhandhabung, sehr geringe bis mittlere Kräfte, Wechsel zwischen sitzenden und stehenden Tätigkeiten |
| 4 | Punktschweißen | 0 | 73 | 73 | 38,7 | 9,7 | Rohkarosseriefertigung, handgeführte Punktschweißzangen, mittlere Kräfte, Halten und Positionieren bei wechselnden Schulter/Armhaltungen, weiter Bewegungsbereich, überwiegend Stehen mit Gehanteilen, Verdrehung, Vorneigung |
| 5 | Polstern | 1 | 56 | 57 | 29,8 | 5,8 | Polstern von Sitzen, überwiegend sehr hohe bis maximale Kräfte, körperfern, mittlere Häufigkeit, wechselnde Tätigkeiten, Lastenhandhabung |
| 6 | Sensormontage | 46 | 3 | 49 | 41,5 | 9,8 | Montage von sehr kleinen Teilen mit sehr geringen bis geringen Kräften und hohen Bewegungshäufigkeiten, überwiegend statisches Sitzen vor Mikroskopen o. ä., beim Stanzen auch Stehen |

Tab. 3.1 (Fortsetzung)

| Nr. | Tätigkeit | Anzahl | | | Alter | | Kurzbeschreibung der Tätigkeit |
|-----|--------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------------|------------------|---|
| | | M ^{*)} | F ^{*)} | insg. ^{*)} | MW ^{*)} | SD ^{*)} | |
| 7 | Schlauchvulkanisation | 0 | 47 | 47 | 40,3 | 6,7 | Auf-/Abdornen von Schläuchen, hohe Handhabungsfrequenzen mit häufig maximalen Kräften, einseitige Tätigkeit |
| 8 | Kunststoffoberflächenfertigung | 0 | 30 | 30 | 36,2 | 7,4 | Entnahme von Produkt aus Presse und Ausrichtung auf Gestell, mittlere Kräfte, hohe Häufigkeit, Über-schulterarbeit |
| 9 | Schutzmaskenmontage | 27 | 2 | 29 | 43,3 | 11,1 | Montage von verschiedenen Bauteilen mit mittleren bis hohen Kräften, überwiegend sitzend oder stehend mit Vorneigung, wechselnde Tätigkeiten mit vergleichbaren Belastungen |
| 10 | Maschinenbedienung T3 | 13 | 12 | 25 | 38,7 | 9,7 | Halten von Transportbehältern (3,5 kg) körperfern, teilweise am Ende der Reichweite, hierbei maximale Finger-Kräfte erforderlich (→ Pinchgriff) ungünstige Krafteinleitung, Stehen und Laufen |
| 11 | Gummitankfertigung | 20 | 0 | 20 | 46,8 | 8,2 | Anrollen, Halten, Andrücken, Schneiden von Gummifolien, mittlere bis hohe Kräfte und mittlere bis hohe Frequenz, einseitige Tätigkeit, gebückte Körperhaltung |
| 12 | Maschinenbedienung KU | 4 | 15 | 19 | 40,6 | 11,1 | Sortieren von kleinen Lasten, geringe Kräfte mit hohen Häufigkeiten, Sortieren, häufiges Bücken, gelegentliche Lastenhandhabung |
| 13 | Maschinenbedienung A | 8 | 10 | 18 | 41,3 | 11,4 | wie Nr. 10, jedoch bessere ergonomische Gestaltung des Arbeitsplatzes, geringere Häufigkeiten, Last nicht so körperfern |
| 14 | Gummitank Reparatur | 2 | 8 | 10 | – | – | Mittlere bis sehr hohe Kräfte, teilweise tiefes Bücken, wechselnde Tätigkeiten |
| 15 | Schutzanzugfertigung | 7 | 1 | 8 | – | – | Anrücken, Anrollen, Halten mit mittleren bis hohen Kräften, im Wechsel Stehen, Gehen, Sitzen |
| 16 | Sensormontage/Verpackung | 5 | 1 | 6 | – | – | wie Sensormontage (Nr. 6), jedoch zusätzlich Verpackungstätigkeiten mit mittleren Kräften und hohen Bewegungshäufigkeiten |
| 17 | Formteilerstellung | 2 | 4 | 6 | – | – | Bau von Gipsmodellen, Lackieren, Schleifen, mittlere Kräfte, mittlere bis hohe Bewegungshäufigkeit, überwiegend Halten, Stehen leicht bis teilweise stark vorgeeignet |

Tab. 3.1 (Fortsetzung)

| | | Anzahl | | | Alter | | |
|-------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------------|------------------|---|
| Nr. | Tätigkeit | M ^{*)} | F ^{*)} | insg. ^{*)} | MW ^{*)} | SD ^{*)} | Kurzbeschreibung der Tätigkeit |
| 18 | Gummi-Labor | 2 | 1 | 3 | – | – | Zerschneiden von dicken Gummischichten, maximale Kräfte, geringe Bewegungshäufigkeiten, wechselnde Tätigkeiten, Stehen, Gehen mit vorgeneigter Körperhaltung, selten Sitzen |
| Summe | | 513 | 933 | 1446 | | | |

*) M: Männer, F: Frauen, insgesamt, MW: Mittelwert und SD: Standardabweichung des Alters

Die Tätigkeitsgruppen 1, 2 und 3 gehören zu einer vorausgegangenen Studie aus dem Jahr 2005 (GEBHARDT et al., 2006). Die Tätigkeitsgruppen 4, 10, 12 und 13 wurden in den Jahren 2007 und 2008, alle anderen Tätigkeiten in den Jahren 2009 und 2010 erhoben.

Eine detaillierte Darstellung der Belastung enthält Anhang 2.

3.2 Studiendesign, Erhebungsinstrumente und Datenauswertung

3.2.1 Studiendesign

Zur Bestimmung der **Kriteriumsvalidität** der LMM MA wurden Querschnittstudien unter Beschäftigten an Arbeitsplätzen mit manuellen Arbeitsprozessen sowie an Bildschirmarbeitsplätzen (als Referenzkollektiv) durchgeführt. Hierbei wurden die Beschäftigten mit standardisierten Instrumenten hinsichtlich körperlicher Beschwerden und Erkrankungen befragt und betriebsärztlich/orthopädisch untersucht (letzteres geschah nur zum Teil bei den Beschäftigten an Bildschirmarbeitsplätzen). Die Arbeitsplätze und die Ausführung der Tätigkeiten durch die Beschäftigten wurden in Arbeitsplatzanalysen dokumentiert. Die Kriteriumsvalidität wird dargestellt als Unterschied in der Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System in Kollektiven, die nach LMM MA einem höheren Risikobereich (≥ 25 Punkte nach LMM MA) zugeordnet wurden, im Vergleich zu einem wenig durch manuelle Arbeitsprozesse im Sinne der LMM MA belasteten Referenzkollektiv (< 25 Punkte nach LMM MA). Das Prävalenzratio wird zur Darstellung des relativen Unterschieds der Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System zwischen belasteten Kollektiven und Referenzkollektiv verwendet. Zur Bestimmung der **Konvergenzvalidität** der LMM MA wurden die Beurteilungsergebnisse (Punktwerte) der LMM MA mit denen von sechs weiteren Methoden, die der LMM MA ähnlich sind, verglichen. Die Konvergenzvalidität wird dargestellt als Zusammenhang zwischen den durch die LMM MA ermittelten Punktwerten und den Punktwerten aus anderen Methoden.

Zur Bestimmung der **Reliabilität** und der Objektivität der LMM MA wurde analysiert, wie hoch die Abweichung der Beurteilungsergebnisse für dieselbe Tätigkeit bei verschiedenen Anwendern ist. Die Reliabilität wird dargestellt als Übereinstimmung zwischen den Bewertungsergebnissen unterschiedliche Anwender.

Zur Abschätzung der **Anwendbarkeit** der LMM MA wurden Praxisanwender aufgefordert, Rückmeldungen an die Methodenentwickler zu geben. Diese wurden gesammelt und ausgewertet. Die Hinweise sind – sofern umsetzbar – in die weitere Methodenentwicklung aufgenommen worden.

3.2.2 Erhebungsinstrumente

Es wurde ein Methodeninstrumentarium für die Durchführung der Untersuchung erarbeitet, das in ähnlicher Form bereits in anderen Studien verwendet wurde (GEBHARDT et al., 2006; STEINBERG et al., 2007).

Das Erhebungsinstrumentarium umfasst folgende Module:

- Arbeitszeit- und Belastungsanalyse,
- standardisierter Mitarbeiterfragebogen,
- standardisierte medizinische Untersuchung des Muskel-Skelett-Systems.

Die einzelnen Instrumente werden nachfolgend vorgestellt und erläutert.

3.2.2.1 Arbeitszeit- und Belastungsanalyse

Das Ergebnis der Arbeitszeit- und Belastungsanalyse ist eine weitgehend differenzierte Darstellung der Arbeitsanforderungen. Dabei werden die Abfolgen der jeweiligen Teiltätigkeiten mit den dazugehörigen Belastungsarten ermittelt und zeitlich quantifiziert. Erfasst werden grundsätzlich die objektiven Merkmale, die aus der Arbeitsaufgabe und den Bedingungen resultieren. Individuelle Besonderheiten bei der Arbeitsausführung, zufällige Störungen des Arbeitsablaufes oder untypische Bedingungen werden nicht berücksichtigt. Prinzipielle Bestandteile der Arbeitszeit- und Belastungsanalyse sind:

1. Gliederung der Gesamttätigkeit in Teiltätigkeiten,
2. Zeitliche Quantifizierung dieser Teiltätigkeiten,
3. Ermittlung der Arbeitsbelastungen (Kräfte, Körperhaltung, Gelenkstellungen usw.) bei diesen Teiltätigkeiten durch Beobachtung
4. Ergänzende Ermittlung der Arbeitsbelastung durch Messungen

Dafür steht ein umfangreiches arbeitswissenschaftliches Methodeninventar zur Verfügung. Unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit wurden diejenigen ausgewählt, die mit dem geringsten Aufwand repräsentative Ergebnisse lieferten. Dennoch ist der Analysenaufwand erheblich.

Als Kernproblem erwies sich die Gliederung eines personen- und arbeitstagsbezogenen Arbeitsauftrags in sinnvolle Teilaufgaben, die mit der LMM MA beurteilt werden können. Bei Tätigkeiten der industriellen Fertigung mit einer hohen Arbeitsteilung können meist die betrieblichen Gliederungen verwendet werden. Schwieriger ist es bei komplexen Arbeitsaufgaben, deren Abfolge nicht durch die vorgegebene Arbeitsteilung bestimmt wird, sondern durch den Beschäftigten selbst.

Für die zeitliche Quantifizierung wurden folgende Analysen durchgeführt:

- Bei regelmäßig ablaufenden Tätigkeiten ohne das Vorhandensein von Arbeitsplanstammdaten: Arbeitstagaufnahmen (Tab. 3.1, Tätigkeiten 10, 12, 13).

- Bei regelmäßig ablaufende Tätigkeiten mit verfügbaren Arbeitsplanstammdaten: Übernahme der Daten (Tab. 3.1, Tätigkeiten 4-9, 11, 14-18).
- Bei nicht regelmäßig ablaufenden Tätigkeiten ohne das Vorhandensein von Arbeitsplanstammdaten: Multimomentstudie mit konstantem Zeitintervall (Tab. 3.1, Tätigkeiten 10,13).

Die Ermittlung der Arbeitsbelastungen erfolgte durch Direktbeobachtung, Befragung der Beschäftigten und Vorgesetzten, Arbeitsausführung durch die Projektbearbeiter, Videoaufnahmen und ausgewählte Messungen.

Auf Grundlage der Arbeits- und Belastungsanalysen wurden die jeweiligen Arbeitsbelastungen nach LMM MA 2007 (Anh. 1) mit einem Punktwert bewertet:

Punktwert = Zeitwichtung • (Wichtung der Art der Kraftausübung + Wichtung der Arbeitsorganisation + Wichtung der Arbeitsbedingungen + Wichtung der Körperhaltung + Wichtung der Hand-Armstellung und -Bewegung)

Für die weiteren Auswertungen wurde der jeweilige Punktwert pro Arbeitsplatz einerseits metrisch und andererseits kategorial verwendet. Die Kategorisierung der Gesamtpunktschritte erfolgte über die in der LMM MA 2007 vorgegebenen Risikobereiche (<10 Punkte, 10 bis <25 Punkte, 25 bis <50 Punkte sowie ab 50 Punkte).

Tab. 3.2 Kategorisierung der Punktwerte nach LMM MA 2007

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

3.2.2.2 Standardisierter Mitarbeiterfragebogen zu körperlichen Beschwerden und zur subjektiven Einschätzung der Belastung am Arbeitsplatz

Der Mitarbeiterfragebogen gliedert sich in 5 Teile:

- Teil A: Angaben zur jetzigen und früheren beruflichen Tätigkeit
- Teil B: Allgemeine Fragen zur Person
- Teil C: Fragen zu Beschwerden im Muskel-Skelett-System
 - Nackenregion/Halswirbelsäule
 - Schulterbereich

- Ellenbogen/Unterarm
- Hände/Handgelenke
- weitere Körperregionen
- Teil D: Fragen zur Tätigkeit mit Bezug zu psychosozialen Aspekten (wurde in dieser Studie nicht ausgewertet)
- Teil E: Fragen zum subjektiven Empfinden von Belastungen

Die **Teile A und B** beinhalten soziodemografische Angaben sowie Angaben zur jetzigen und zu früheren beruflichen Tätigkeiten und schließen auch potenzielle individuelle Risikofaktoren für körperliche Beschwerden ein.

Teil C ist aus dem Nordischen Fragebogen (KUORINKA et al., 1987; GEBHARDT et al., 2006) abgeleitet und dient der Ermittlung von Beschwerden im Bereich der oberen Extremitäten, des Nackens sowie des oberen Rückens. Er bildet das Kernstück des Fragebogens. Gegliedert nach insgesamt vier Körperregionen werden für verschiedene Zeiträume (Lebenszeit, Jahr, Monat, Woche, aktuell) detailliert mögliche Beschwerden erfragt, anhand derer die jeweiligen Periodenprävalenzen ermittelt werden können. Intensitäten lassen sich dabei anhand der Häufigkeit des Auftretens und den mit den Beschwerden verbundenen Einschränkungen bei Arbeits- und Freizeitaktivitäten abschätzen. Entsprechend dem Projektschwerpunkt werden die Bereiche der oberen Extremitäten und des Nackens ausführlich erfasst, weitere Körperregionen des Muskel-Skelett-Systems werden ergänzend betrachtet.

Teil E bildet weitere physische und umgebungsbedingte Belastungen sowie psychosoziale Aspekte ab, die in der Diskussion um Beschwerden in den zu betrachtenden Körperregionen ebenfalls als Risikofaktoren für Beschwerden genannt werden. Dieser Teil ist dem Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Belastung am Arbeitsplatz (SLESINA, 1987; CAFFIER et al., 1999) entnommen. Das Belastungs-/Beanspruchungsempfinden wird hierbei als subjektive Kenngröße erfasst. Die Beurteilung erfolgt durch die Beantwortung von 47 Fragen zu den Themen Arbeitsinhalt, Arbeitsorganisation, Körperhaltung und Arbeitsumweltfaktoren. Jede Frage ist nach Zeitdauer bzw. der Intensität der Einwirkung des jeweiligen Belastungsfaktors (oft, mittel, selten, nie) und des daraus entstehenden Beanspruchungsempfindens (ja/nein) zu beantworten.

3.2.2.3 Standardisierte medizinische Untersuchung der oberen Extremitäten und des Rückens

Körperliche Beschwerden, die auch bereits im Mitarbeiterfragebogen abgefragt wurden, sollen im Rahmen von körperlichen Untersuchungen abgesichert und spezifiziert werden. Dazu sollen die Kollektive in verschiedenen Tätigkeitsbereichen mit einem standardisierten Methodeninventar medizinisch untersucht werden.

Ziel der körperlichen Untersuchungen ist es, die Beschwerden der Beschäftigten einer spezifischen Erkrankung des Muskel-Skelett-Systems im Bereich der oberen Extremitäten und des Rückens zuzuordnen. Hierzu wurde eine standardisierte medizinische Untersuchung verwendet, die in Vorprojekten (GEBHARDT et al., 2006) entwickelt und erprobt wurde. Im Wesentlichen beruht die klinische Untersuchung auf dem in der SALTSA-Studie (SLUITER et al., 2001) vorgeschlagene Vorgehen und dem Spektrum an Erkrankungen im Bereich der oberen Extremitäten und der oberen

Wirbelsäule. Insbesondere wurden die von SLUITER et al. (2001) erarbeitete Liste von Standarddiagnosen im Bereich des Muskel-Skelett-Systems verwendet, für die arbeitsbezogene Faktoren im Ursachenspektrum bekannt sind.

Der Erhebungsbogen für die standardisierte Untersuchung gliedert sich grob in eine Übersichtsuntersuchung (Teil A), eine spezifische Untersuchung der Gelenkregionen der oberen Extremitäten (Teil B) sowie die für die Studie wesentliche Ableitung von Standarddiagnosen (Teil C).

Die Übersichtsuntersuchung liefert Hinweise für die Zielrichtung spezifischer Untersuchungen. Der Erhebungsbogen dient dabei zur Dokumentation der Befunde der körperlichen Untersuchung.

3.2.2.4 Zuordnung der erhobenen Untersuchungsbefunde anhand einer Standardliste von relevanten Diagnosen

Auf der Grundlage der erhobenen klinischen Befunde sowie der anamnestischen Angaben wurde durch den untersuchenden Arzt im direkten Anschluss entschieden, ob sich die Beschwerden einer Erkrankung einer Liste von relevanten Erkrankungen (Diagnosen) zuordnen ließ. Für jede der auf der Liste vorgegebenen Erkrankungen standen diagnostischen Kriterien (typische Symptome und Funktionseinschränkungen) zur Verfügung. Diese Diagnoseliste sowie die diagnostischen Hinweise basieren auf einem von SLUITER et al. (2001) veröffentlichten Verfahren und stellen eine Übersicht zu relevanten Erkrankungen im Bereich der oberen Extremitäten, des Nackens und des oberen Rückens dar. Die Erkrankungsliste wurde in einer Kategorie modifiziert. Die Diagnosekategorie "radiating pain syndrom" für Wurzelreizsyndrome der Halswirbelsäule wurde für die vorliegende Studie unterteilt in die Beschwerdebilder zervikales und zervikobrachiales Schmerzsyndrom. Im Einzelnen standen die folgenden 14 Erkrankungen zur Einordnung durch den untersuchenden Arzt zur Auswahl:

- Zervikales Schmerzsyndrom
- Zervikobrachiales Schmerzsyndrom
- Rotatorenmanschettensyndrom
- Epicondylitis medialis und lateralis
- Cubitaltunnelsyndrom/Kompression des Nervus ulnaris am Ellenbogen
- Radialtunnelsyndrom/Kompression des Nervus radialis
- Peritendinitis/Tendosynovitis der Flexoren des Unterarmes und des Handgelenkes
- Peritendinitis/Tendosynovitis der Extensoren des Unterarmes und des Handgelenkes
- Tendovaginitiden (stenosans, de Quervain)
- Karpaltunnelsyndrom
- Guyon-Kanal-Syndrom/Kompression des Nervus ulnaris am Handgelenk
- Raynaud-Phänomen im Zusammenhang mit Hand-Arm-Vibration
- Arthrose der distalen Gelenke der oberen Extremitäten

Beschwerden und klinische Befunde, die sich nicht einer dieser Erkrankungen als Verdachtsdiagnose vom untersuchenden Arzt in typischer Weise zuordnen ließ,

konnten als „unspezifische Muskel-Skelett-Beschwerden/Erkrankungen“ klassifiziert werden.

Die statistische Auswertung der medizinischen Untersuchung basierte auf dem Vorliegen einer dieser Verdachtsdiagnosen und nicht auf der Verteilung von Einzelbefunden.

3.3 Datenauswertung

Die Auswertung der Datensätze erfolgte nach der Datenaufbereitung und -kontrolle mit IBM SPSS/PASW Statistics® 18 und 19 für Windows. Es wurden deskriptive und explorative Datenanalysen durchgeführt.

3.3.1 Auswertungen zur Kriteriumsvalidität

Nach LIENERT und RAATZ (1989) wird die Kriteriumsvalidität (auch kriterienbezogene Validität) ermittelt, in dem die Testergebnisse einer Stichprobe von Probanden mit einem so genannten Außenkriterium korreliert werden. Dieses Außenkriterium muss vom „Test“ unabhängig erhoben worden sein und in irgendeiner direkten oder indirekten Weise das Merkmal, das es zu erfassen gilt, repräsentieren oder widerspiegeln.

Im vorliegenden Projekt wird als „Test“ die LMM MA eingesetzt. Als Zielgröße für die Auswertung des „Außenkriteriums“ wurde bei den Beschäftigten die Prävalenz (12-Monats-Prävalenz und Wochenprävalenz) an Beschwerden im Muskel-Skelett-System zugrunde gelegt. Diese wurde standardisiert mit einer deutschen Übersetzung des Nordischen Fragebogen (KUORINKA et al., 1987) ermittelt.

Die Beschreibung des Kollektivs erfolgt zunächst rein deskriptiv über Häufigkeitsverteilungen mit 95 %-Konfidenzintervall.

Für die Berechnung der Effektschätzer wurde als Hypothese angenommen, dass Beschäftigte in Tätigkeiten mit erhöhten und hohen manuellen Anforderungen entsprechend der Bewertung mit LMM MA 2007 insbesondere im Bereich der oberen Extremitäten subjektiv und objektiv stärker beansprucht sind.

Zur Beantwortung dieser Frage wurde die Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System zwischen unterschiedlich belasteten Beschäftigten verglichen. Als Effektschätzer wurden Prävalenzratios berechnet. Das Prävalenzratio entspricht dem Verhältnis der Prävalenz in einer belasteten Gruppe zu einer Referenzgruppe.

$$PR = P_1/P_0 = \exp(b_e) \quad (3.1)$$

Um potentielle Konfounder berücksichtigen zu können, wurde für die Berechnung der Prävalenzratios eine Regressionsanalyse angewendet.

$$\ln(\text{Prävalenz}_{0/1}) = a + b_e x_e \{+ \dots + b_n x_n\} \quad (3.2)$$

Als Zielvariable wurde jeweils die Prävalenz an Beschwerden in einer Körperregion gewählt, als Einflussvariable die vier Risikobereiche nach LMM MA. Die Zugehörigkeit zu einem Risikobereich wurde über Dummy-Variablen explizit definiert. Der Beta-Schätzer des jeweiligen Risikobereiches wurde als Logarithmus des Prävalenzratios interpretiert.

Als Vertrauensbereich des Effektschätzers wurden 95 %-Konfidenzintervalle (95 %-KI) berechnet. Die Berechnung der Prävalenzratios über dieses Verfahren erfolgte einzeln für jede Zielgröße (Outcome). Soweit möglich, wurden die Modelle für Alter, Körpergröße und BMI adjustiert. Sämtliche Berechnungen erfolgten getrennt für beide Geschlechter.

Die Ableitung von Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen der nach der LMM MA (2007 und 2011) abgeschätzten Höhe der Belastung durch manuelle Arbeit und der Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System erfolgte einerseits über die grafische Darstellung der Effektschätzer in Bezug zur Risikokategorie nach LMM MA. In der Interpretation wurden die Höhe der Effektschätzer (Prävalenzratios) pro Outcome sowie deren Präzision (Konfidenzintervall) berücksichtigt. Für den formellen Nachweis von Dosis-Wirkungsbeziehungen wurde unter Annahme einer linearen Beziehung in der logistischen Regression nicht die kategoriale Zuordnung zu einem Risikobereich, sondern direkt die Gesamtbewertung nach LMM MA metrisch berücksichtigt und so ein Anstieg der Prävalenzratios pro Outcome pro 25 Punkte LMM MA berechnet.

3.3.2 Auswertungen zur Konvergenzvalidität

Bei der Konvergenzvalidität (engl. convergent validity) handelt es sich um einen Teilaspekt der Konstruktvalidität. Nach CRONBACH und MEEHL (1955) beschreibt die Konstruktvalidität eine empirische Strategie für eine umfassende Validitätsanalyse. Mit der Konstruktvalidität wird versucht, etwas über die persönliche Bedeutung oder den theoretischen Hintergrund eines Tests auszusagen. Nach dieser Definition kann auch die oben beschriebene Kriteriumsvalidität als Teilaspekt der Konstruktvalidität angesehen werden. Eine Konvergenzvalidität liegt dann vor, wenn die Messungen eines Konstrukts mit anderen Methoden, welche die gleiche Zielgröße messen und einen ähnlichen Validitätsanspruch haben, hoch korrelieren.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgt die Auswertung der Konvergenzvalidität deskriptiv über die Darstellung der Abweichungen zu vergleichbaren Methoden (Abschn. 4.2).

3.3.3 Auswertungen zur Reliabilität und Objektivität der Methode

Für den Begriff der „Reliabilität“ gibt es unterschiedliche Definitionen, wie es auch unterschiedliche Methoden der Reliabilitätsbestimmung gibt. Grundsätzlich ist mit Reliabilität die „Zuverlässigkeit“ einer Messmethode gemeint. Allgemein geht ein Konzept der Reliabilität davon aus, dass die Messung eines Merkmals mit Fehlern behaftet ist (HÄCKER und STAPF, 2004). Je nach dem, welche Methoden zur Reliabilitätsbestimmung angewendet werden, können auch verschiedene Aspekte der Reliabilität unterschieden und verschiedene Auswertungen und Kennwerte ermittelt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden so genannte „Interrater-Reliabilitätsbestimmungen“ (Bestimmung der Beurteilerübereinstimmung) durchgeführt. Hierbei wird das Ausmaß der Übereinstimmungen der Einschätzungsergebnisse bei unterschiedlichen Beobachtern ("Ratern") betrachtet. Da sich hierdurch auch ermitteln lässt, wie abhängig oder unabhängig die Ergebnisse vom Beobachter sind, ist es gleichzeitig auch ein Maß für die Objektivität der Methode.

Die Interrater-Reliabilitätsbestimmung wurde auf zwei Arten durchgeführt:

Wie bereits oben beschrieben, wurden im Rahmen der Arbeiten zu diesem Bericht Tätigkeiten mit manuellen Arbeitsprozessen mittels Arbeits- und Belastungsanalysen dokumentiert. Hierbei wurden Videodokumentationen und standardisierte Arbeitsanalysen (Zeitstudien) durchgeführt. Die Eignung von videogestützten Arbeitsanalysemethoden für die Testung der Reliabilität haben LIV und MATHIASSEN (2009) untersucht und bestätigt. Dokumentiert wurden die Art der Kraftausübungen in Kombination mit der Haltedauer bzw. der Bewegungshäufigkeit, die Arbeitsorganisation, die Ausführungsbedingungen, die Körperhaltungen, die Greifbedingungen sowie die Hand-/Armstellungen und der Zeitanteil der jeweiligen Tätigkeit pro Schicht. Auf Grundlage dieser Daten wurde die LMM MA 2007 von betrieblichen Anwendern (Arbeitsplaner, Sicherheitsfachkräfte und Sicherheitsbeauftragte) zeitgleich eingesetzt. Insgesamt waren daran 56 Personen beteiligt. Die Beschreibung der Bewertungen durch das Anwenderkollektiv erfolgt rein deskriptiv über Häufigkeitsverteilungen (Abschn. 4.3).

In einer zweiten Untersuchung wurde die revidierte LMM MA 2011 untersucht. Hierbei wurden nur wenige Anwender einbezogen, die dann jedoch eine Vielzahl von Arbeitssituationen bewerteten. Dieses Vorgehen ermöglicht die Ableitung eines Korrelationskoeffizienten (Abschn. 7.4). Als Übereinstimmungsmaß wird Cohens-Kappa berechnet (COHEN, 1960).

3.3.4 Auswertungen zur Anwendbarkeit der Methode

Seit der Veröffentlichung des Entwurfs der LMM MA im Jahr 2007 wurden Rückmeldungen zur Methode gesammelt und ausgewertet. Im Zeitraum vom Herbst 2007 bis Sommer 2011 gingen eine Vielzahl von Einzelfragen und Stellungnahmen bei der BAuA ein. Die Rückmeldungen kamen von Arbeitsplanern, Sicherheitsfachkräften, Betriebsärzten, Meistern, aber auch von Arbeitgebervertretungen, Betriebsräten und anderen Methodenentwicklern. Die Auswertung dieser Anmerkungen erfolgt deskriptiv in Abschnitt 4.4.

3.4 Untersuchungsumfang

3.4.1 Betrachtete Tätigkeiten und Beschäftigte

Ein Teilziel dieser Studie war es, anhand verschiedener Kollektive mit unterschiedlichen manuellen Arbeitsprozessen die Bewertung der Tätigkeit durch die LMM MA zu überprüfen. Ausgewählt wurden hierbei Tätigkeiten die

- zu einem wesentlichen zeitlichen Anteil eines gewöhnlichen Arbeitstages (mindestens 2 Stunden) durchgeführt werden,
- manuelle Arbeitsprozesse umfassen, die charakterisiert sind durch die häufige Wiederholungen gleichförmiger Arbeitsabläufe sowie
- von einer ausreichenden Zahl an Beschäftigten ausgeführt werden, um statistische Auswertungen zu ermöglichen. Angestrebt werden 20 Beschäftigte pro Tätigkeit. Diese Anzahl an Beschäftigten basiert auf einer Powerabschätzung unter Berücksichtigung der Anzahl an minimal verfügbaren Beschäftigten im Referenzkollektiv sowie den bekannten Prävalenzen an Beschwerden in den oberen Extremitäten. Eine 12-Monats-Prävalenz an Beschwerden im Ellenbogen bzw. Handgelenk von ca. 60 % in einer Gruppe von 20 exponierten Frauen kann im

Vergleich zur 12-Monats-Prävalenz von 30 % in der Vergleichsgruppe von 500 Frauen (Prävalenzratio von 2) mit einer statischen Power von ca. 0,8 statistisch signifikant als erhöht nachgewiesen werden. Falls diese Anzahl an Personen pro Beschäftigungsgruppe nicht erreicht wird, ist eine Kategorisierung entsprechend den Risikokategorien nach LMM notwendig. Die Anzahl der exponierten Beschäftigten sollte innerhalb der Risikokategorien ebenso zumindest 20 Personen betragen."

Der Ermittlung der Kriteriumsvalidität liegen folgende Datenerhebungen zugrunde:

1. Das durch manuelle Arbeit belastete Kollektiv umfasst 642 Beschäftigte in insgesamt 17 Tätigkeitsgruppen der Chemie-, Automobil-, Halbleiter-, Druck- und Kunststoff verarbeitenden Industrie. Vier weitere Tätigkeiten konnten nicht ausgewertet werden, da sie das Dritte der o. g. Kriterien nicht erfüllten.
2. Das Referenzkollektiv entstammt einer Querschnittsuntersuchung mit 804 Beschäftigten mit Bildschirmtätigkeiten (BAuA-Forschungsprojekt F 1911, GEBHARDT et al., 2006). Diese Beschäftigungsgruppe besteht aus 306 Frauen und 498 Männern. Sie ist als Vergleichskollektiv geeignet, da sowohl ANDERSEN et al. (2003) als auch PALMER et al. (2007) explizit darauf verweisen, dass für Arbeiten am Computer und mit Tastaturen keine bedeutsame Assoziation mit dem Karpaltunnelsyndrom als einer wesentlichen Zielgröße bei industrieller Arbeit vorliegen. Daneben führt das möglicherweise bei Bildschirmarbeit tätigkeitsassoziiert gehäufte Auftreten anderer Beschwerden (z. B. „Mausarm“) im vorliegenden vergleichenden Ansatz zu einer Unterschätzung relativer Erkrankungshäufigkeiten und nicht zu deren Überschätzung.

Für beide Kollektive wurden die im Abschnitt 3.3.2 beschriebenen Erhebungsinstrumente eingesetzt.

3.4.2 Anwenderkollektiv zur Abschätzung der Reliabilität der LMM MA 2007

Um die Reliabilität (Zuverlässigkeit) des Methodenentwurfs aus dem Jahr 2007 abzuschätzen wurden drei Beobachtungsstudien mit insgesamt 56 Praxisanwendern durchgeführt. Die Praxisanwender bekamen zunächst einen Fragebogen, in dem sie Angaben zur Person und zur bisherigen Erfahrung mit der Anwendung von Leitmerkmalmethoden tätigen sollten. Das Kollektiv setzte sich zusammen aus Sicherheitsingenieuren (Gruppen A und C) und Sicherheitsbeauftragten (Gruppe B), Vergleich in Tabelle 3.2. Von jeder Gruppe wurden jeweils zwei Tätigkeiten mit manuellen Arbeitsprozessen analysiert.

Tab. 3.3 Beschreibung des Kollektivs zur Ermittlung der Reliabilität

| | | Gruppe A | Gruppe B | Gruppe C |
|---|--------------|----------|----------|----------|
| Anzahl der Beteiligten | | 23 | 15 | 18 |
| Altersgruppe | <30 Jahre | 2 | 1 | 0 |
| | 30-<40 Jahre | 6 | 4 | 3 |
| | 40-<50 Jahre | 7 | 4 | 6 |
| | >50 Jahre | 7 | 5 | 8 |
| Erfahrung im Bereich Arbeits- und Gesundheitsschutz | <5 Jahre | 6 | 6 | 2 |
| | 5-<10 Jahre | 7 | 7 | 6 |
| | 10-<20 Jahre | 7 | 1 | 5 |
| | >20 Jahre | 2 | 1 | 4 |
| Erfahrungen in der Anwendung der LMM | umfangreich | 1 | 2 | 2 |
| | mäßig | 4 | 7 | 6 |
| | gering | 5 | 4 | 6 |
| | keine | 12 | 1 | 3 |

3.4.3 Anwenderkollektiv zur Abschätzung der Reliabilität der LMM MA 2011

Mit der Überarbeitung des Methodenentwurfs wurde eine erneute Bestimmung der Reliabilität erforderlich. Eine vollständige Reliabilitätstestung der LMM MA 2011 war wegen fehlender Kapazitäten der betrieblichen Anwender, aber auch wegen der erschöpften Projektmittel und des durch die Wirtschaftskrise entstandenen Zeitverzugs nicht mehr möglich. Deshalb wurden nur wenige Anwender einbezogen, die dann jedoch eine Vielzahl von Arbeitssituationen bewerteten. Dieses Vorgehen ermöglicht die Ableitung eines Korrelationskoeffizienten (Abschn. 7.4). Da Hierzu wurde ein weiteres Untersuchungskollektiv, bestehend aus betrieblichen Anwendern zusammengestellt.

4 Ergebnisse der Evaluierung der LMM MA 2007

4.1 Ergebnis der Bewertung der untersuchten Arbeitsplätze mit Hilfe der LMM MA 2007 sowie Verteilung der Studienpopulation

Das Ergebnis der Bewertung der 18 untersuchten Arbeitsplätze mit Hilfe der LMM MA 2007 sowie die Zuordnung der Tätigkeiten zu den 4 Risikobereichen ist in Tabelle 4.1 dargestellt. Insgesamt konnten aus den 18 Tätigkeiten 1446 Beschäftigte (513 Frauen, 933 Männer) in die Auswertung eingeschlossen werden.

Bürotätigkeiten (Referenzkollektiv) wurde entsprechend LMM MA 2007 in den Risikobereich 1 unter 10 Punkten eingeordnet. Zwei Arbeitsbereiche (Labor, Lager/Produktion) sind dem Risikobereich 2 zwischen 10 und <25 Punkten nach LMM MA 2007 zuzuordnen. Für 9 Arbeitsplätze wurde eine Belastung durch manuelle Arbeit zwischen 25 und <50 Punkten (Risikobereich 3) sowie für 6 Arbeitsplätze eine Belastungen ab 50 Punkte (Risikobereich 4 = abgeschätzt (Tab. 4.1). Detailinformationen zu den Belastungsbewertungen mit Hilfe der LMM MA 2007 für die 18 Tätigkeiten sind im Anhang 2 tabellarisch dargestellt.

56 % der in die Untersuchung einbezogenen Beschäftigten arbeiten an Arbeitsplätzen im Risikobereich 1 (<10 Punkte nach LMM MA 2007), 17 % im Risikobereich 2 (10 bis <25 Punkte), 10 % im Risikobereich 3 (25 bis <50 Punkte) und 17 % im Risikobereich 4 (ab 50 Punkte). Die genaue Anzahl der untersuchten Beschäftigten pro Tätigkeit und stratifiziert nach Geschlecht ist Tabelle 4.1 zu entnehmen.

Tab. 4.1 Zuordnung der untersuchten Tätigkeiten zu Risikobereichen mit Hilfe der LMM MA aus dem Jahr 2007 und Verteilung der befragten Beschäftigten auf die LMM MA-Risikobereiche

| Nr. * | Tätigkeit (aufsteigend sortiert und kategorisiert nach Punktwerten nach LMM MA 2007) | nach LMM MA 2007 für die Tätigkeit abgeschätzte Punktwerte | Anzahl der untersuchten Beschäftigten pro Tätigkeit | |
|---|--|---|---|--------|
| | | | Männer | Frauen |
| | gesamt | | 933 | 513 |
| <i>Risikobereich 1 (<10 Punkte)</i> | | | | |
| 1 | Büro | 9,00 | 498 | 306 |
| | gesamt | | 498 | 306 |
| <i>Risikobereich 2 (10 bis <25 Punkte)</i> | | | | |
| 2 | Labor | 15,75 | 95 | 65 |
| 3 | Lager/Produktion | 17,50 | 77 | 5 |
| | gesamt | | 172 | 70 |

Tab. 4.1 (Fortsetzung)

| Nr.* | Tätigkeit (aufsteigend sortiert und kategorisiert nach Punktwerten nach LMM MA 2007) | nach LMM MA 2007 für die Tätigkeit abgeschätzte Punktwerte | Anzahl der untersuchten Beschäftigten pro Tätigkeit | |
|---|--|---|---|--------|
| | | | Männer | Frauen |
| <i>Risikobereich 3 (25 bis <50 Punkte)</i> | | | | |
| 16 | Sensormontage / Verpackung | 31,50 | 1 | 5 |
| 18 | Gummilabor | 34,20 | 1 | 2 |
| 17 | Formteilherstellung | 36,00 | 4 | 2 |
| 6 | Sensormontage | 38,25 | 3 | 46 |
| 15 | Schutzanzugfertigung | 44,00 | 1 | 7 |
| 8 | Kunststoffoberflächenherstellung | 44,90 | 30 | - |
| 14 | Gummitank Reparatur | 45,00 | 8 | 2 |
| 12 | Maschinenbedienung KU | 48,00 | 15 | 4 |
| 13 | Maschinenbedienung A | 48,00 | 10 | 8 |
| | gesamt | | 73 | 76 |
| <i>Risikobereich 4 (ab 50 Punkte)</i> | | | | |
| 9 | Maskenmontage | 52,25 | 2 | 27 |
| 10 | Maschinenbedienung T3 | 60,00 | 12 | 13 |
| 5 | Polstern | 65,00 | 56 | 1 |
| 11 | Gummitankfertigung | 65,25 | - | 20 |
| 4 | Punktschweißen | 66,00 | 73 | - |
| 7 | Schlauchvulkanisation | 69,75 | 47 | - |
| | gesamt | | 190 | 61 |

Nr* - Beschreibung der Tätigkeit: siehe auch Übersicht in Tabelle 3.1

4.2 Evaluierung bezüglich der Kriteriumsvalidität

4.2.1 Ergebnisse der Durchführung von Untersuchungen zur Kriteriumsvalidität

4.2.1.1 Deskriptive Angaben zur Studienpopulation

Wesentlicher Gegenstand der vorliegenden Arbeit war die Ermittlung der Kriteriumsvalidität der Methode. Hierzu wurde als Zielgröße bei den Beschäftigten in den verschiedenen Berufen mit manuellen Arbeitsprozessen (Abschn. 3.3.1) die Prävalenz (12-Monats-Prävalenz, Wochenprävalenz) an Beschwerden im Muskel-Skelett-System erhoben. Datenbasis für die Auswertungen in Bezug auf die Kriteriumsvalidität der LMM MA sind Befragungen und z. T. Untersuchungen an insgesamt 1.446 Beschäftigten (513 Frauen und 933 Männer). Die Studienpopulation setzt sich

aus verschiedenen Teilpopulationen, die in unterschiedlichen Projekten untersucht wurden, zusammen (Tab. 3.1).

Sowohl Frauen und Männer der Studienpopulation waren im Mittel ca. 40 Jahre (Frauen 39,9 Jahre \pm 10 Jahre, Männer 39,7 Jahre \pm 9,2 Jahre) alt. Der Altersdurchschnitt steigt über die Risikobereiche entsprechend LMM MA bei Frauen um ca. 6 Jahre an. In der Gruppe der Männer nimmt dagegen das Durchschnittsalter bis zum Risikobereich 4 ab.

In anderen konstitutionellen Parametern (Körpergewicht, Körpergröße, Body-Mass-Index), Freizeitsport sowie tätigkeitsbezogenen Parametern (Dauer der aktuellen Tätigkeit, Arbeitszeit pro Woche) unterschieden sich sowohl Männer als auch Frauen über die Risikobereiche hinweg kaum. In den höheren Risikobereichen ist jedoch bei Männern (nicht bei Frauen) ein zunehmender Anteil an Rauchern zu verzeichnen, die Dauer der aktuellen Tätigkeit ist geringer (Tab. 4.4)

Tab. 4.2 Verteilung metrischer konstitutioneller und tätigkeitsbezogener Faktoren im Studienkollektiv in Bezug auf die Belastungshöhe (Kategorisierung entsprechend LMM MA 2007). Darstellung der Anzahl bzw. von Mittelwert und Standardabweichung

| | | Einordnung in Risikobereiche entsprechend Leitmerkmalmethode LMM MA 2007 | | | |
|---------------------------------------|-------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | | <10 Punkte | 10 - <25 P. | 25 - <50 P. | ab 50 P. |
| alle Probanden | | | | | |
| <i>Frauen</i> | | | | | |
| Anzahl Beschäftigte | 513 | 306 | 70 | 76 | 61 |
| Alter [Jahr] | 39,9 (10,0) | 38,7 (10,1) | 37,1 (8,9) | 43,1 (9,0) | 44,6 (10,0) |
| Gewicht [kg] | 67,8 (11,9) | 66,6 (11,5) | 67,5 (11,4) | 70,0 (12,6) | 71,0 (12,8) |
| Größe [kg] | 167,1 (6,4) | 167,6 (6,3) | 169,3 (6,6) | 164,9 (6,2) | 164,6 (5,4) |
| BMI [kg/m ²] | 24,3 (4,2) | 23,7 (3,6) | 23,6 (3,7) | 25,8 (5,1) | 26,2 (4,9) |
| Dauer der aktuellen Tätigkeit [Jahre] | 12,7 (9,9) | 12,9 (10,7) | 14,5 (8,9) | 11,0 (8,6) | 12,1 (7,9) |
| Arbeitszeit [h/Woche] | 37,7 (5,9) | 38,7 (6,6) | 36,8 (5,7) | 35,0 (3,0) | 36,9 (3,1) |
| <i>Männer</i> | | | | | |
| Anzahl Beschäftigte | 933 | 498 | 172 | 73 | 190 |
| Alter [Jahre] | 39,7 (9,2) | 41,5 (9,0) | 38,6 (9,4) | 39,0 (9,9) | 36,1 (8,2) |
| Gewicht [kg] | 85,5 (12,9) | 85,6 (12,5) | 86,0 (13,4) | 82,1 (12,8) | 86,1 (13,4) |
| Größe [kg] | 180,3 (6,9) | 181,1 (6,8) | 181,0 (6,9) | 177,4 (5,9) | 178,8 (7,0) |
| BMI [kg/m ²] | 26,3 (3,6) | 26,1 (3,2) | 26,2 (3,6) | 26,1 (4,2) | 27,0 (4,0) |
| Dauer der aktuellen Tätigkeit [Jahre] | 10,5 (8,6) | 10,8 (9,2) | 13,1 (9,4) | 7,8 (4,4) | 8,7 (6,9) |
| Arbeitszeit [h/Woche] | 41,1 (5,8) | 43,3 (6,3) | 40,0 (5,2) | 37,8 (2,0) | 37,8 (2,4) |

Tab. 4.3 Verteilung sportlicher Aktivitäten sowie des Rauchverhaltens im Studienkollektiv in Bezug auf die Belastungshöhe

| | | | Einordnung in Risikobereiche entsprechend Leitmerkmalmethode LMM MA 2007 | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|------|--|------|-------------|------|-------------|------|----------|------|
| | | | <10 Punkte | | 10 - <25 P. | | 25 - <50 P. | | ab 50 P. | |
| alle Probanden | | | Anzahl | % | Anzahl | % | Anzahl | % | Anzahl | % |
| Freizeitsport | | | | | | | | | | |
| <i>Frauen</i> | | | | | | | | | | |
| verfügbare Antworten gesamt | 509 | | 303 | | 69 | | 76 | | 61 | |
| nein | 203 | 40 % | 121 | 40 % | 24 | 35 % | 28 | 37 % | 30 | 49 % |
| ja | 306 | 60 % | 182 | 60 % | 45 | 65 % | 48 | 63 % | 31 | 51 % |
| <i>Männer</i> | | | | | | | | | | |
| verfügbare Antworten gesamt | 915 | | 492 | | 165 | | 73 | | 185 | |
| nein | 441 | 48 % | 225 | 46 % | 89 | 54 % | 35 | 48 % | 92 | 50 % |
| ja | 474 | 52 % | 267 | 54 % | 76 | 46 % | 38 | 52 % | 93 | 50 % |
| Nikotingebrauch | | | | | | | | | | |
| <i>Frauen</i> | | | | | | | | | | |
| verfügbare Antworten gesamt | 485 | | 303 | | 70 | | 64 | | 48 | |
| nein | 316 | 65 % | 210 | 69 % | 52 | 74 % | 27 | 42 % | 27 | 56 % |
| ja | 169 | 35 % | 93 | 31 % | 18 | 26 % | 37 | 58 % | 21 | 44 % |
| <i>Männer</i> | | | | | | | | | | |
| verfügbare Antworten gesamt | 821 | | 496 | | 172 | | 48 | | 105 | |
| nein | 494 | 60 % | 332 | 67 % | 100 | 58 % | 23 | 48 % | 39 | 37 % |
| ja | 327 | 40 % | 164 | 33 % | 72 | 42 % | 25 | 52 % | 66 | 63 % |

4.2.1.2 Bewertung physischer und umgebungsbedingten Belastungen sowie psychosozialer Aspekte durch die Beschäftigten

In der Mitarbeiterbefragung wurden physische und umgebungsbedingte Belastungen sowie psychosoziale Aspekte der Tätigkeit über den Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Belastung am Arbeitsplatz (SLESINA, 1987) erfasst. Zu beachten

ist, dass im Referenzkollektiv (1046 Personen, Projekt F 1911) und damit in den Risikobereichen 1 und 2 nur 13 der 47 Fragen des Fragebogen nach SLESINA (1987) eingesetzt wurden. Zudem sind in diesen Fällen nur die Antworten auf die Frage, ob die Belastung vorliegt, verfügbar. In den Studienpopulationen, die den oberen Risikobereichen 3 und 4 zugeordnet wurden (400 Personen, Projekt F 2195), wurde der Fragebogen nach SLESINA (1987) vollständig mit allen 47 Fragen eingesetzt.

Aus diesem Grund werden die Einschätzungen der Belastungen am Arbeitsplatz durch die Beschäftigten nur deskriptiv vorgestellt und nicht für weitergehende Analysen verwendet. Im Fragenteil A des Fragenkatalogs nach SLESINA (1987) („Wie häufig oder wie stark trifft dieses Merkmal oder der Faktor auf Ihre Arbeit zu?“) wurde zur Deskription pro Merkmal die Kategorie (oft/mittel/selten/nie) ausgesucht, die am häufigsten geantwortet wurde (Median). Die Antwort im Fragenteil B des Fragebogens nach SLESINA (1987) („Fühlen Sie sich selbst dadurch körperlich oder geistig belastet oder beansprucht?“) ist alternativ mit den Antwortmöglichkeiten „Ja“ und „Nein“ gestaltet. Für diesen Fragenteil B wurde pro Tätigkeitsmerkmal der prozentuale Anteil der Ja-Antworten bestimmt. Die Verteilung der subjektiven Bewertung der am Arbeitsplatz vorkommenden Belastungen ist in den Tabellen 1 und 2 im Anhang 4 dargestellt.

In den Risikobereichen 1 und 2 waren Angaben der Beschäftigten auf die Frage, ob Belastungen/Beanspruchungen durch körperlich schwere Arbeit, Zwangshaltung, ungünstige Körperhaltung, Lärm, Hitze, ungünstige Beleuchtung, Unfallrisiken, Gerüche, Schmutz/Staub, chemische Stoffe, einförmige Arbeit, Schichtarbeit und Termindruck verfügbar. Lediglich in den Belastungsarten „einförmige Arbeit“ und „Termindruck“ ist „mittel“ die am stärksten besetzte Antwortkategorie. Für alle anderen Tätigkeitsaspekte wurden in diesen Risikobereichen mehrheitlich eingeschätzt, dass sie nie oder nur selten auftreten.

In dem Risikobereich 3 wurden ungünstige Körperhaltung, Gehen, Stehen, Sitzen, Handgeschicklichkeit und genaues Detailsehen von Beschäftigten mehrheitlich als häufig vorkommende Tätigkeitsmerkmale aus dem Bereich der physischen Anforderungen angegeben. Körperlich schwere Arbeit und das Heben, Halten und Tragen von schweren Lasten bzw. Ziehen und Schieben von Lasten waren dagegen mehrheitlich kein relevantes Tätigkeitsmerkmal. Häufig auftretende Tätigkeitsmerkmale im Bereich der chemischen und physikalischen Einwirkungen sind Lärm, Gerüche sowie das Vorkommen chemischer Stoffe, jedoch nicht Vibrationen, Hitze, Nässe, Zugluft oder ungünstige Beleuchtung.

Für Tätigkeiten in diesem Risikobereich wurde bei den Arbeitsinhalten Nachdenken, Konzentration und einförmige als häufig auftretendes Anforderungsmerkmal bewertet. Die Tätigkeiten sind auch häufig geprägt durch Schichtarbeit. Abhängigkeit vom Maschinentempo, Verantwortung für Maschinen sowie selbständige Entscheidung sowie Arbeitseinteilung wurden als häufig vorkommende Tätigkeitsmerkmale benannt. Zu erwähnen ist eine mehrheitlich mittlere Bewertung, dass Überstunden, Leistungsdruck, Termindruck sowie Zeitdruck, Unterbrechungen durch Maschinenstörungen sowie durch Kollegen vorkommen.

Bezogen auf den Fragebogenteil B nach SLESINA (1987) wurde lediglich das Arbeiten in ungünstigen Körperhaltungen von über 50 % der Beschäftigten in dem Risikobereich 3 als belastend empfunden. Von 33 % bis 50 % der Beschäftigten wurden die Tätigkeitsmerkmale schwere körperliche Arbeit, Stehen, Zwangshaltung, Lärm,

Hitze, Nässe, Zugluft, Gerüche, Schichtarbeit, Zeitdruck und Leistungsdruck als belastend angegeben.

Beschäftigte im Risikobereich 4 unterscheiden sich im angegebenen Spektrum der Tätigkeitsmerkmale sowie in der Einschätzung der Beanspruchung. Körperlich schwere Arbeit wurde als häufig vorkommendes Merkmal bewertet.

Im Bereich der Körperhaltungen sowie körperlichen Anforderungen wurden die Kategorien der ungünstigen Körperhaltungen, Gehen, Stehen, Handgeschicklichkeit sowie genaues Detailsehen mehrheitlich als häufig vorkommendes Merkmal bewertet. Gerüche, Staub/Schmutz, Lärm und Zugluft, jedoch nicht chemische Stoffe wurden als häufiges Merkmal angegeben. Im Bereich der geistigen Anforderungen sind Konzentration, einförmige Arbeit sowie taktgebundene Arbeit häufige Anforderungen.

Mit 71 % fühlt in diesem Risikobereich ein großer Anteil der Beschäftigten sich durch Zwangshaltungen beansprucht. Über 50 % empfinden die körperlich schwere Arbeit, den Lärm, Hitze sowie Gerüche als belastend. Tätigkeitsanforderungen durch Heben, Halten und Tragen schwerer Lasten, Zwangshaltungen, Handgeschicklichkeit, Zugluft, Staub/Schmutz, Schichtarbeit und auch Leistungsdruck wurden von 33 % bis 50 % der Beschäftigten als belastend angegeben.

4.2.1.3 Verteilung der Beschwerden im Muskel-Skelettsystem in den Studienkollektiven unabhängig von der Belastungshöhe

Tabelle 4.5 zeigt die Verteilung der Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelettsystem (Wochenprävalenz, 12-Monats-Prävalenz) in verschiedenen Körperregionen im gesamten Studienkollektiv unabhängig von der Belastungshöhe bei manueller Arbeit.

Die höchsten Prävalenzen an Beschwerden finden sich bei Frauen im Bereich der Halswirbelsäule/des Nacken, der Schultern, der Lendenwirbelsäule sowie den Unterarmen bzw. Händen. Ca. 69 % der Frauen hatten in den letzten 12 Monaten Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule, 48 % im Bereich der Schultern und 36 % im Bereich der Lendenwirbelsäule.

Bei Männern ist die 12-Monats-Prävalenz an Beschwerden im Bereich des Nackens mit ca. 50 %, mit ca. 35 % in der Lendenwirbelsäule, 38 % im Bereich der Schultern sowie 30 % im Knie besonders hoch.

Die Jahresprävalenz und die Wochenprävalenz an Beschwerden im Nackenbereich sowie im Schulterbereich sind bei Frauen deutlich höher als bei Männern. In den anderen Gelenkbereichen ist die Jahresprävalenz zwischen den beiden Geschlechtern vergleichbar.

Die Wochenprävalenz ist abhängig von der Gelenkregion um den Faktor 2 bis 3 niedriger als die 12-Monats-Prävalenz. Die Verteilung der Wochenprävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelettsystem entspricht in beiden Geschlechtern der 12-Monats-Prävalenz.

Tab. 4.4 Verteilung der Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System (Wochenprävalenz, 12-Monats-Prävalenz) in verschiedenen Körperregionen im gesamten Studienkollektiv unabhängig von der Belastungshöhe

| Körperregion | Wochenprävalenz [Prozent, 95 %-KI] | 12-Monats-Prävalenz [Prozent, 95 %-KI] |
|---|---------------------------------------|---|
| <i>Frauen</i> (verfügbare Antworten) | 417 | 417 |
| HWS | 30,8 % (26,3 %-35,4 %) | 68,7 % (64,0 %-73,1 %) |
| Schulter | 21,9 % (18,0 %-26,1 %) | 48,5 % (43,6 %-53,3 %) |
| Ellenbogen | 5,2 % (3,3 %-7,8 %) | 16,2 % (12,8 %-20,1 %) |
| Hand/Unterarm | 9,1 % (6,4 %-12,3 %) | 26,9 % (22,7 %-31,4 %) |
| LWS | 15,9 % (12,5 %-19,7 %) | 36,1 % (31,3 %-40,9 %) |
| Hüfte | 5,9 % (3,8 %-8,6 %) | 13,1 % (9,9 %-16,8 %) |
| Knie | 8,6 % (6,1 %-11,7 %) | 23,9 % (19,9 %-28,3 %) |
| Fuß | 5,1 % (3,1 %-7,6 %) | 10,6 % (7,8 %-13,9 %) |
| <i>Männer</i> (verfügbare Antworten) | 876 | 876 |
| HWS | 17,1 % (14,6 %-19,7 %) | 49,7 % (46,3 %-53,0 %) |
| Schulter | 15,1 % (12,8 %-17,6 %) | 37,9 % (34,7 %-41,1 %) |
| Ellenbogen | 8,0 % (6,3 %-10,0 %) | 20,3 % (17,7 %-23,1 %) |
| Hand/Unterarm | 11,9 % (9,8 %-14,2 %) | 28,2 % (25,3 %-31,3 %) |
| LWS | 13,8 % (11,6 %-16,4 %) | 34,8 % (31,6 %-38,1 %) |
| Hüfte | 5,0 % (3,6 %-6,6 %) | 10,8 % (8,8 %-13,0 %) |
| Knie | 11,5 % (9,5 %-13,8 %) | 29,7 % (26,7 %-32,8 %) |
| Fuß | 6,7 % (5,2 %-8,5 %) | 14,6 % (12,3 %-17,0 %) |

4.2.1.4 Assoziation zwischen Beschwerdeprävalenz und Belastungshöhe

Als Zielgröße für die Bestimmung der Assoziation zwischen Belastungshöhe und der Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System wurde die Eingruppierung der jeweiligen Tätigkeit der Probanden entsprechend LMM MA in Beziehung gesetzt zur 12-Monats-Prävalenz und Wochenprävalenz an Beschwerden. Wie bereits oben beschrieben wurden als Effektschätzer Prävalenzratios dieser 12-Monats-Prävalenzen und Wochenprävalenz der Beschwerden in den oberen Extremitäten für die Risikobereiche 2, 3 und 4 im Vergleich zum Referenzkollektiv (Risikobereich 1) bestimmt (95 %-Konfidenzintervalle, Allgemeines Lineares Regressionsmodell (log-binomial), Adjustierung für Alter, Körpergröße und BMI, Stratifizierung nach Geschlecht).

Für Beschwerden in den Händen/Handgelenken kann sowohl bei Frauen als auch bei Männern ein sehr deutlicher Anstieg der Prävalenz an Beschwerden über die Risikobereiche hinweg nachgewiesen werden. Insbesondere die Wochenprävalenz ist in dem Risikobereich 3 um den Faktor von ca. 3 und in dem Risikobereich 4 um den Faktor 5,5 bis 6 gegenüber dem Referenzkollektiv erhöht. Weniger ausgeprägt ist dieser Anstieg auch für die 12-Monats-Prävalenz nachweisbar (Tab. 4.6 und 4.7).

Die Häufigkeit von Beschwerden im Bereich der Ellenbogen steigt in ähnlicher Weise über alle Risikobereiche an wie die im Bereich der Hände und Handgelenke. Die Wochenprävalenz derartiger Beschwerden ist bei Frauen in den beiden Risikobereichen 3 und 4 um den Faktor 3,8 und 5,2 und bei Männern um den Faktor 2,1 und 3,7 gegenüber der Referenzkollektiv erhöht (Tab. 4.6 und 4.7). Bei Frauen ist dieser kontinuierliche Anstieg der Häufigkeit an Beschwerden auch über den Parameter der Jahresprävalenz, wenn auch weniger ausgeprägt, nachweisbar. In der Gruppe der Männer ist lediglich die Jahresprävalenz im Risikobereich 4 gegenüber dem Referenzkollektiv erhöht.

Auch die Prävalenz an Beschwerden im Bereich der Schultern ist im Vergleich zum Risikobereich 1 erhöht. Die Unterschiede in der Prävalenz liegen jedoch lediglich um den Faktor 1,5 bis maximal 2. Eine Dosis-Wirkungsbeziehung ist hier nicht erkennbar.

Für Beschwerden im Bereich des Nackens kann eine leichte Erhöhung der Häufigkeit von Beschwerden um den Faktor 1,3 lediglich im Risikobereich 3 für die Jahresprävalenz nachgewiesen werden. Die Häufigkeit an Nackenbeschwerden in den letzten 12 Monaten ist insbesondere im Risikobereich 4 nicht erhöht. Die Wochenprävalenz ist bei Frauen in den Risikobereichen 3 und 4 leicht (Faktor 1,5 bis 1,7), jedoch ohne eindeutige Dosis-Wirkungsbeziehung höher als im Referenzkollektiv. Bei Männern ist dies nicht nachweisbar.

Ein Anstieg der Häufigkeit an Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule ist dagegen bei Männern sowohl bei Betrachtung der Wochen- als auch 12-Monats-Prävalenz sichtbar. Beschwerden sind um den Faktor 2,7 und 3,2 (Jahresprävalenz) bzw. 2,8 und 5,6 (Wochenprävalenz) im Sinne einer Dosis-Wirkungsbeziehung in den Risikobereichen 3 und 4 häufiger. Dieser Dosis-Wirkungs-Zusammenhang ist in der Gruppe der Frauen für Kreuzschmerzen nicht nachweisbar. Frauen in den Risikobereichen 3 und 4 geben sowohl in der Jahres- als auch Wochenprävalenz 2mal häufiger Beschwerden in der Lendenwirbelsäule an (Tab. 4.6 und 4.7).

Zu verweisen ist außerdem auf eine deutlich erhöhte Präsenz an Beschwerden im Bereich der Hüftgelenke, der Knie und Fußgelenke bei Männern im Risikobereich 4. Für Frauen trifft dies nicht in gleich Weise zu (Tab. 4.6 und 4.7).

Die oben genannten Angaben zur Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen der Bewertung der Belastung durch manuelle Arbeit entsprechend LMM MA und der Prävalenz an Beschwerden bezieht sich auf den Anstieg der Prävalenzratios über die Kategorien der LMM MA (grafische Interpretation unter Beachtung der Höhe der Prävalenzratios sowie der Präzision). Eine formelle Bestätigung einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung erhält man, wenn die Belastungsbewertung entsprechend LMM MA metrisch in der logistischen Regression berücksichtigt wird. Wendet man diesen Ansatz an, findet sich ein deutlicher Anstieg der 12-Monats-Prävalenz an Beschwerden im Bereich der Ellenbogen, Hände und der LWS um den Faktor von ca. 1,6 pro 25 Punkte LMM MA sowie ein deutlicher Anstieg in der Wochenprävalenz um den Faktor von 1,8 bis 2 pro 25 Punkte LMM MA (rechte Spalte der Tabellen 4.6 und 4.7). Für andere Gelenkbereiche ist der Anstieg geringer oder nicht so ausgeprägt.

Tab. 4.5 Verhältnis der 12-Monats-Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System in unterschiedlichen Belastungshöhen nach LMM MA 2007 im Vergleich zum Risikobereich 1 (Referenz) und metrisch pro 25 Punkte LMM MA. Berechnung unter Verwendung log-binomialer Regressionsmodelle (Allgemeines Lineares Modell), Adjustierung für Alter, BMI, Körpergröße). Stratifizierung nach Geschlecht. Fett gedruckt: signifikante Erhöhung der Prävalenz gegenüber der Referenzkategorie

| Studienkollektiv Gelenkregion | Prävalenzratio [95 %-KI] für die 12-Monats-Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System | | | | |
|----------------------------------|---|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| | Kategorial über die Risikobereiche entsprechend Leitmerkmalmethode LMM MA 2007 (<10 Punkte = Referenzkollektiv) | | | | metrisch pro 25 Punkte LMM MA |
| | <10 P. | 10 - <25 P. | 25 - <50 P. | ab 50 P. | |
| <i>Frauen</i> | | | | | |
| Nacken/HWS | 1 (Ref.) | 1,02 (0,83-1,21) | 1,29 (1,11-1,46) | 1,15 (0,96-1,34) | 1,10 (1,02-1,17) |
| Schulter | 1 (Ref.) | 1,14 (0,86-1,46) | 1,30 (1,02-1,61) | 1,33 (1,04-1,66) | 1,13 (1,01-1,25) |
| Ellenbogen | 1 (Ref.) | 1,81 (1,03-2,98) | 2,40 (1,56-3,62) | 2,89 (1,92-4,32) | 1,60 (1,34-1,89) |
| Hand | 1 (Ref.) | 0,86 (0,49-1,37) | 1,92 (1,40-2,58) | 2,68 (2,03-3,51) | 1,64 (1,47-1,82) |
| LWS | 1 (Ref.) | 0,74 (0,46-1,10) | 1,97 (1,55-2,46) | 1,93 (1,49-2,44) | 1,45 (1,30-1,60) |
| Hüfte | 1 (Ref.) | 1,23 (0,61-2,22) | 1,54 (0,90-2,53) | 2,20 (1,34-3,50) | 1,44 (1,15-1,79) |
| Knie | 1 (Ref.) | 0,90 (0,52-1,44) | 0,89 (0,55-1,37) | 1,26 (0,82-1,86) | 1,10 (0,89-1,34) |
| Fuß | 1 (Ref.) | 0,76 (0,27-1,70) | 1,38 (0,74-2,47) | 1,75 (0,96-3,09) | 1,37 (1,02-1,81) |
| <i>Männer</i> | | | | | |
| Nacken/HWS | 1 (Ref.) | 0,96 (0,79-1,15) | 1,27 (1,02-1,54) | 1,05 (0,87-1,24) | 1,04 (0,97-1,12) |
| Schulter | 1 (Ref.) | 0,99 (0,76-1,27) | 1,51 (1,13-1,93) | 1,71 (1,41-2,06) | 1,28 (1,18-1,38) |
| Ellenbogen | 1 (Ref.) | 1,09 (0,71-1,63) | 1,34 (0,76-2,17) | 2,99 (2,24-4,01) | 1,63 (1,44-1,84) |
| Hand | 1 (Ref.) | 1,14 (0,79-1,59) | 2,46 (1,73-3,38) | 3,53 (2,83-4,44) | 1,75 (1,60-1,91) |
| LWS | 1 (Ref.) | 1,17 (0,86-1,56) | 2,71 (2,11-3,44) | 3,19 (2,63-3,89) | 1,66 (1,54-1,78) |
| Hüfte | 1 (Ref.) | 1,10 (0,62-1,84) | 1,19 (0,50-2,36) | 2,22 (1,41-3,43) | 1,40 (1,15-1,68) |
| Knie | 1 (Ref.) | 1,18 (0,89-1,54) | 1,40 (0,97-1,93) | 1,51 (1,18-1,92) | 1,18 (1,07-1,31) |
| Fuß | 1 (Ref.) | 0,77 (0,45-1,25) | 2,00 (1,25-3,05) | 1,50 (1,02-2,19) | 1,26 (1,08-1,47) |

Tab. 4.6 Verhältnis der Wochenprävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System in unterschiedlichen Belastungshöhen nach LMM MA 2007 im Vergleich zum Risikobereich 1 (Referenz) sowie metrisch pro 25 Punkte LMM MA. Berechnung unter Verwendung log-binomialer Regressionsmodelle (Allgemeines Lineares Modell), Adjustierung für Alter, BMI, Körpergröße). Stratifizierung nach Geschlecht. Fett gedruckt: signifikante Erhöhung der Prävalenz gegenüber der Referenzkategorie

| Studienkollektiv Gelenkregion | Prävalenzratio [95 %-KI] für die Wochenprävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System | | | | |
|----------------------------------|---|------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Kategorial über die Risikobereiche entsprechend Leitmerkmalmethode LMM MA 2007 (<10 Punkte = Referenzkollektiv) | | | | metrisch pro 25 Punkte LMM MA |
| | <10 P. | 10 - <25 P. | 25 - <50 P. | ab 50 P. | |
| <i>Frauen</i> | | | | | |
| Nacken/HWS | 1 (Ref.) | 0,78 (0,46-1,21) | 1,50 (1,09-2,02) | 1,70 (1,23-2,28) | 1,33 (1,14-1,53) |
| Schulter | 1 (Ref.) | 1,00 (0,55-1,65) | 1,66 (1,11-2,43) | 1,99 (1,33-2,89) | 1,46 (1,23-1,72) |
| Ellenbogen | 1 (Ref.) | 0,75 (0,12-2,63) | 3,82 (1,88-7,90) | 5,19 (2,64-10,57) | 2,19 (1,64-2,95) |
| Hand | 1 (Ref.) | 1,17 (0,57-2,23) | 3,21 (1,66-5,86) | 6,38 (4,20-9,95) | 2,04 (1,68-2,49) |
| LWS | 1 (Ref.) | 0,78 (0,33-1,56) | 2,40 (1,52-3,72) | 2,23 (1,35-3,57) | 1,54 (1,24-1,90) |
| Hüfte | 1 (Ref.) | 1,07 (0,31-2,78) | 2,04 (0,89-4,34) | 1,68 (0,61-4,00) | 1,40 (0,93-2,05) |
| Knie | 1 (Ref.) | 0,97 (0,34-2,25) | 1,38 (0,67-2,69) | 1,57 (0,76-3,05) | 1,25 (0,89-1,72) |
| Fuß | 1 (Ref.) | 1,11 (0,33-2,93) | 1,88 (0,78-4,17) | 1,73 (0,63-4,12) | 1,20 (0,75-1,85) |
| <i>Männer</i> | | | | | |
| Nacken/HWS | 1 (Ref.) | 0,79 (0,50-1,20) | 0,87 (0,45-1,48) | 1,34 (0,93-1,89) | 1,14 (0,98-1,33) |
| Schulter | 1 (Ref.) | 0,79 (0,46-1,26) | 1,77 (1,07-2,73) | 1,99 (1,37-2,83) | 1,40 (1,20-1,62) |
| Ellenbogen | 1 (Ref.) | 0,90 (0,39-1,85) | 2,11 (0,97-4,13) | 3,68 (2,23-6,08) | 1,81 (1,47-2,22) |
| Hand | 1 (Ref.) | 0,67 (0,20-1,65) | 3,38 (2,02-5,64) | 5,56 (3,54-8,83) | 2,26 (1,92-2,68) |
| LWS | 1 (Ref.) | 1,62 (0,93-2,75) | 2,85 (1,57-4,94) | 5,58 (3,80-8,40) | 2,04 (1,76-2,38) |
| Hüfte | 1 (Ref.) | 1,62 (0,62-3,84) | 1,07 (0,17-3,75) | 5,07 (2,56-10,32) | 1,91 (1,44-2,54) |
| Knie | 1 (Ref.) | 1,21 (0,71-1,97) | 1,88 (1,01-3,22) | 1,91 (1,22-2,95) | 1,33 (1,10-1,58) |
| Fuß | 1 (Ref.) | 0,67 (0,25-1,48) | 2,50 (1,19-4,80) | 2,03 (1,10-3,64) | 1,45 (1,13-1,84) |

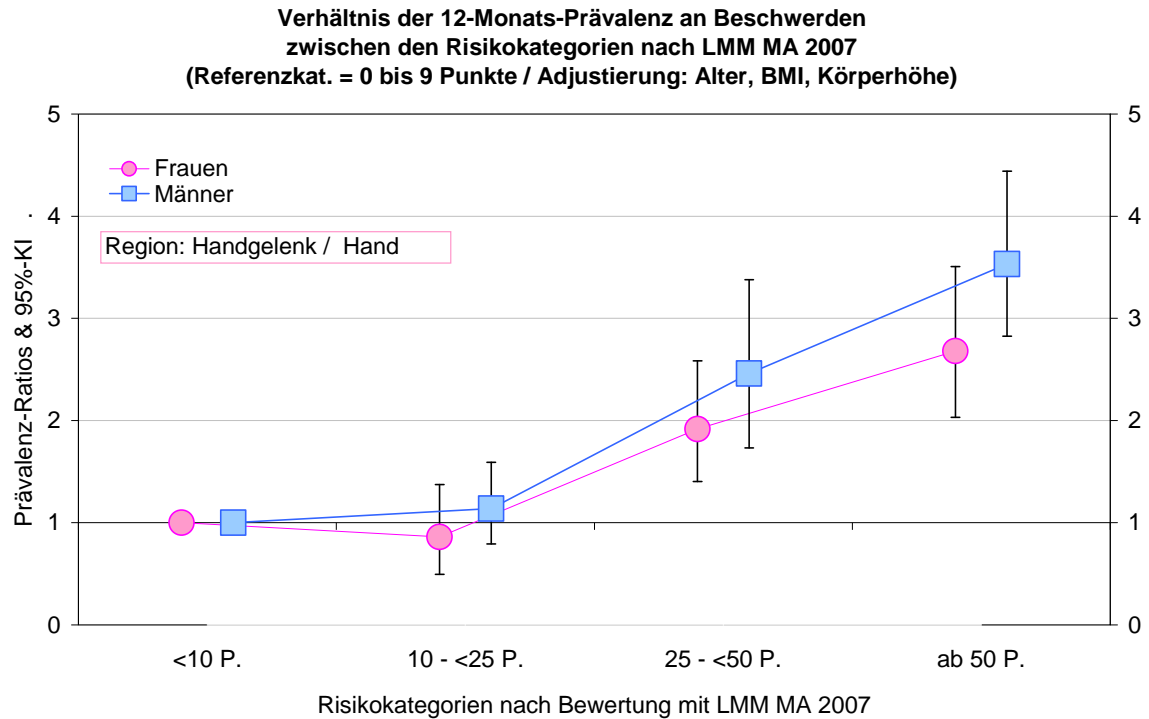


Abb. 4.1 Beschwerden im Bereich der Hände in Bezug auf die Jahresprävalenz in Abhängigkeit von der Belastungshöhe nach LMM MA Version 2007 (Prävalenzratios mit 95 %-Konfidenzintervallen)

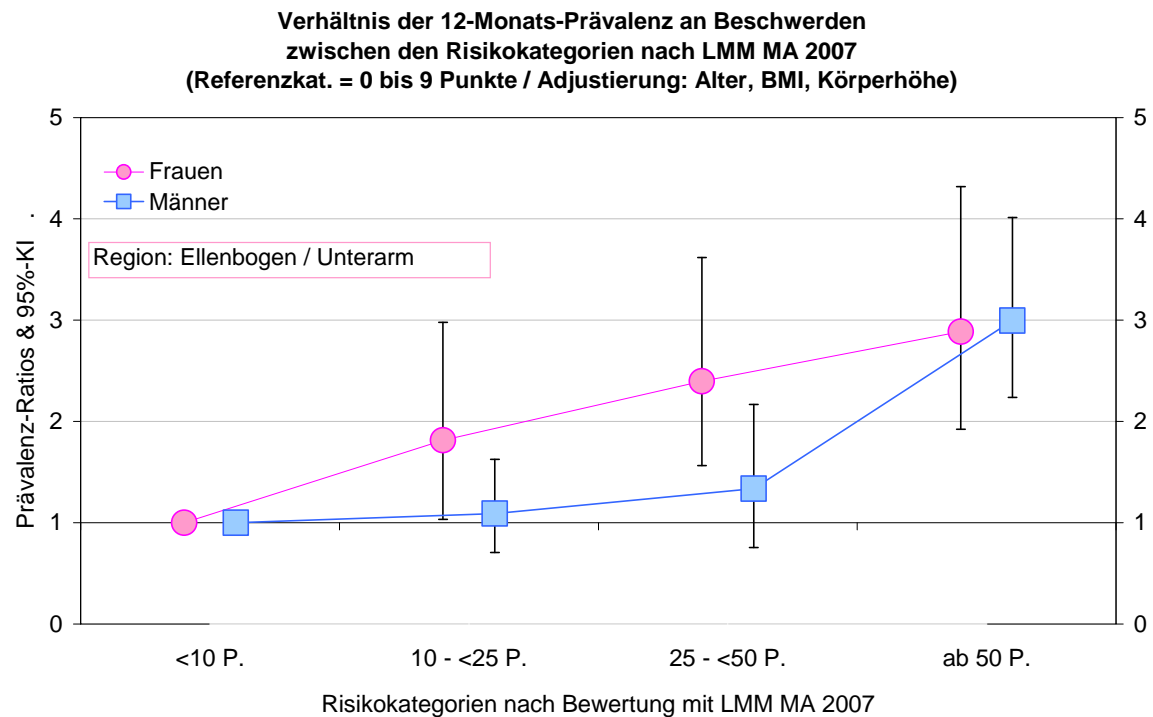


Abb. 4.2 Beschwerden im Bereich der Ellenbogen in Bezug auf die Jahresprävalenz in Abhängigkeit von der Belastungshöhe nach LMM MA Version 2007 (Prävalenzratios mit 95 %-Konfidenzintervallen)

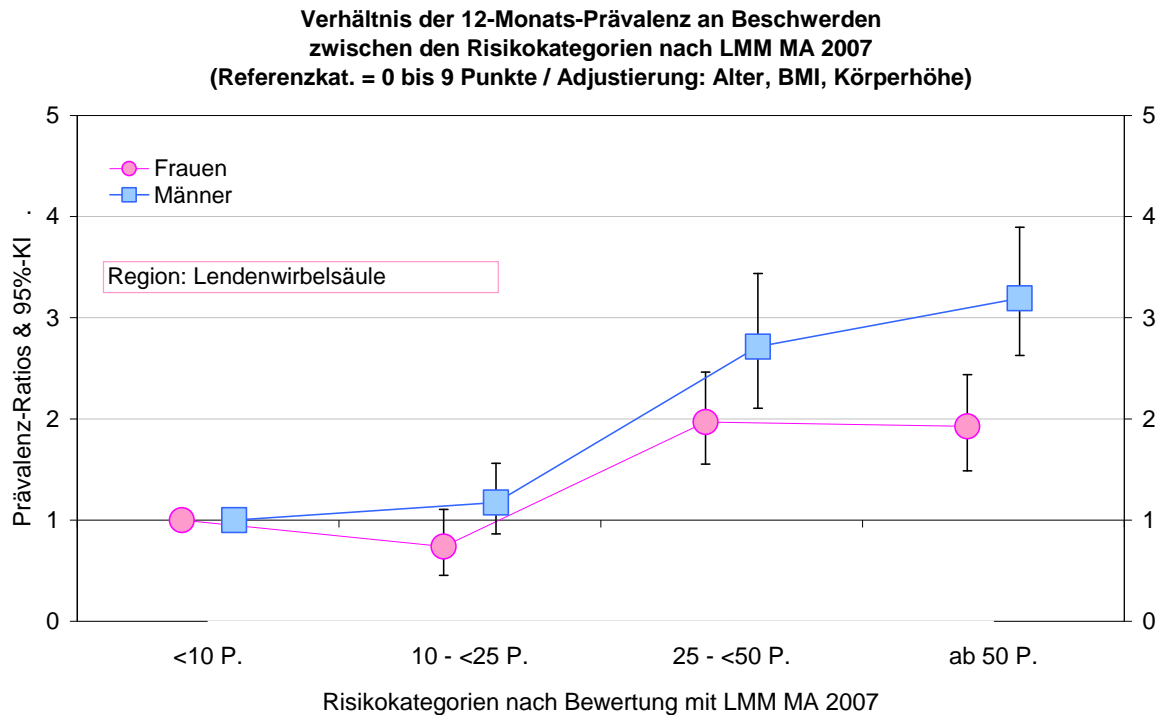


Abb. 4.3 Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule in Bezug auf die Jahresprävalenz in Abhängigkeit von der Belastungshöhe nach LMM MA Version 2007 (Prävalenzratios mit 95 %-Konfidenzintervallen)

4.2.2 Ergebnis der klinischen Untersuchung

Alle Beschäftigten, die an der Studie teilgenommen hatten, wurden nach der Befragung durch Studienärzte körperlich untersucht. Ziel dieser Untersuchung war es, die subjektiven Angaben über körperliche Beschwerden durch Nachweis relevanter funktioneller Einschränkungen oder diagnosetypischer klinischer Befunde zu objektivieren und ggf. einem Krankheitsbild zuzuordnen.

Zu berücksichtigen ist, dass die klinischen Untersuchungen nicht bei allen Probanden durchgeführt werden konnte. Insbesondere wurden im Referenzkollektiv nur wenige medizinische Untersuchungen vorgenommen, deren Daten zudem für Auswertung nicht zur Verfügung standen.

Insgesamt waren Ergebnisse aus 308 medizinischen Untersuchungen verfügbar. Sämtliche Untersuchungen wurden an Beschäftigten in den Risikobereichen 3 und 4 durchgeführt. Unter diesen 308 Beschäftigten wurden folgende Diagnosen als Verdachtsdiagnose besonders häufig dokumentiert (Mehrfachnennungen möglich):

- Zervikalsyndrom: 84 Fälle (27 %)
- Zervikobrachialsyndrom: 52 Fälle (17 %)
- Rotatorenmanschettersyndrom: 54 Fälle (18 %)
- Epicondylitis: 48 Fälle (16 %)
- Karpaltunnelsyndrom: 32 Fälle (10 %)
- unspezifische UEMSD: 34 Fälle (11 %)

Andere Diagnosen wurden jeweils bei weniger als 3 % der Beschäftigten ausgesprochen und waren damit nicht relevant.

Da medizinische Untersuchungen leider nur für Beschäftigten in den Risikobereichen 3 und 4 vorlagen, war ein statistischer Vergleich der Häufigkeiten, in denen Verdachtsdiagnosen ausgesprochen wurden, nur zwischen diesen beiden Risikobereichen möglich.

Für den Vergleich wurden analog zum Vorgehen bei der Prävalenz an Beschwerden als Zielgröße Allgemeine Lineare Modelle (log-binomial) verwendet. Zielgröße ist der Hinweis auf eine entsprechende Erkrankungsentität. Die Einflussgröße ist die Zuordnung einer Erkrankung zu einem Risikobereich. Der Risikobereich 1 wurde als Referenzkategorie angesetzt.

Im Ergebnis waren bei Frauen in den Risikobereichen 3 und 4 häufiger Zervikalsyndrome (PR 1,78 95 % KI 1,14-2,88) und Karpaltunnelsyndrome (PR 3,55 95 % KI 1,31-2,19) nachweisbar. Bei Männern wurden in den Risikobereichen 3 und 4 häufiger unspezifische Muskel-Skelett-Erkrankungen (WRMSD; PR 13 95 % KI 3-242) diagnostiziert. Andere Diagnosen wurden bei beiden Geschlechtern in diesen Risikobereichen ähnlich häufig nachgewiesen.

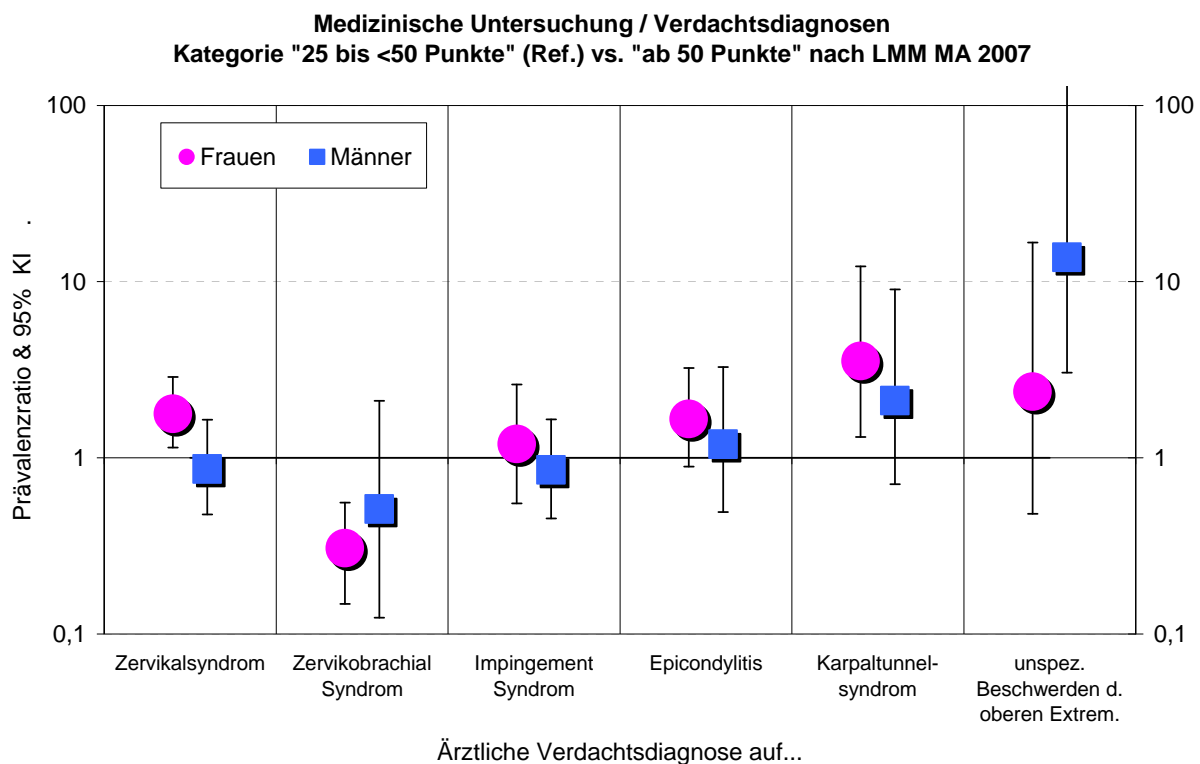


Abb. 4.4 Vergleich der Häufigkeit von Verdachtsdiagnosen im Bereich der oberen Extremitäten zwischen den Risikobereichen 3 und 4. Stratifizierung nach Geschlecht. Darstellung der Prävalenzratios mit 95 %-Konfidenzintervallen.

4.2.3 Bewertung der Kriteriumsvalidität

Die obigen Auswertungen zeigen eine gute bis sehr gute Vorhersagbarkeit der Methode für Hand-/Handgelenksbeschwerden und für Ellenbogen-/Unterarmbeschwerden sowie eine moderate Vorhersagbarkeit für Schulterbeschwerden. Für Nackenbeschwerden zeigen sich in den Berechnungen keine signifikanten Effekte. Allerdings muss hier berücksichtigt werden, dass die Prävalenz für Nackenbeschwerden im Referenzkollektiv bereits sehr hoch ist.

4.3 Ergebnisse der Evaluierung bezüglich der Konvergenzvalidität

4.3.1 Vorbemerkungen

Im Forschungsbericht F 1994 (STEINBERG et al., 2007) wurden insgesamt 37 Methoden mit gleicher oder ähnlicher Zielstellung ausgewertet. Die Methoden wurden ohne fachlich-inhaltliche Wertung beschrieben. Auf eine kritische Bewertung wurde bewusst verzichtet. Gründe dafür waren u. a. die fehlende Datengrundlage hinsichtlich der jeweiligen Modellbegründung und unzureichende Angaben zur Evaluation der Methoden.

Seit 2007 ist in der internationalen Literatur eine verstärkte Thematisierung zu beobachten. Ursache dafür sind zum einen die anhaltend hohen Beschwerdeprävalenzen im Hand-Arm-Schulter-Bereich und zum anderen die zunehmende Anwendung dieser Methoden in der betrieblichen Praxis. Dementsprechend ergaben sich im Laufe der Anwendungserprobung und der Evaluationsprojekte wiederholt Berührungspunkte zu den anderen Methoden. Insbesondere durch die beiden zwischenzeitlich hinzu gekommenen Methoden „Hand Arm Risk Assessment Method“ (HARM) (DOUWES und DE KRAKER; 2009) und „Assessment of Repetitive Tasks of the upper limbs“ (ART) (HSE, 2009) ergab sich die Notwendigkeit von intensiven Fachdiskussionen. Aus diesem Grund erfolgt im folgenden Abschnitt eine kritische Auseinandersetzung der LMM MA 2007 mit sechs „konkurrierenden“ Methoden und der LMM MA 2011.

Bei der Literaturanalyse fällt auf, dass in unterschiedlichem Kontext und in unterschiedlichen Intensitäten publiziert wird. Vergleichsweise selten werden Methoden thematisiert, die primär der Gefährdungsbeurteilung dienen und somit im eher nationalen Schriftgut der Arbeitsschutzaufsichten und Betriebspraktiker angesiedelt sind. Deutlich mehr Publikationen sind in arbeitsmedizinisch-epidemiologisch orientierten wissenschaftlichen Zeitschriften. Je nach Interessenlage wird in Reviews deshalb die Literatur selektiv ausgewertet. Der vermutlich wichtigste Aspekt, die betriebs- und volkswirtschaftlichen Folgen der Gefährdungsbeurteilung, wird dabei nicht thematisiert. Denn wenn eine Gefährdung ermittelt wird, ist auch eine Maßnahme erforderlich. Diese hat immer betriebswirtschaftliche Konsequenzen. Wenn, wie in einigen Methoden, beinahe alle Tätigkeiten als gefährlich beurteilt werden, stellt sich die Frage nach der Objektivität der Beurteilungsergebnisse und der Akzeptanz durch die Anwender, die nicht selten über umfangreiche Erfahrungen verfügen und den Gestaltungsspielraum optimal ausgenutzt haben.

Die nachfolgende vergleichende Analyse erfolgt deshalb unter besonderer Berücksichtigung der Forderungen an eine praxisorientierte Gefährdungsbeurteilung.

4.3.2 „Konkurrierende“ Methoden

Aus der Vielzahl der Methoden zur Beurteilung wurden die Folgenden ausgewählt, weil sie hinsichtlich der Struktur ähnlich sind. Alle Methoden skalieren die Intensität der Einzelmerkmale in Ordinalzahlen und bilden einen Gesamtscore. Es gibt allerdings erhebliche Unterschiede in den Zielstellungen und Beurteilungsmodellen, die bereits in den Bezeichnungen deutlich werden.

- Occupational Repetitive Actions (upper limbs overload) Checklist – OCRA CL (OCCHIPINTI und COLOMBINI, 2004)
- ISO 11228-3 Ergonomics – Manual handling Part 3: Handling of low loads at high frequency
- DIN EN 1005 Sicherheit von Maschinen Menschliche körperliche Leistung, Teil 5: Risikobewertung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen
- Job Strain Index – SI (MOORE und GARG, 1995)
- Threshold Limit Value for Mono-Tasks Handwork – TLV Hand Activity Level (HAL) (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH[®], 2005) (ARMSTRONG 2006)
- Rapid Upper Limbs Assessment Method – RULA (MCATAMNEY und CORLETT, 1993)
- Manual Tasks Risk Assessment Tool – ManTRA (BURGESS-LIMERICK et al., 2004)
- Assessment of Repetitive Tasks of the upper limbs – ART (HSE, 2009)
- Hand-Arm-Risk-Assessment Method – HARM (DOWES und DE KRAKER, 2009)

Da die ISO 11228-3 und die DIN EN 1005 Teil 5 im Wesentlichen auf der Methode Occupational Repetitive Actions (upper limbs overload) – OCRA basieren und auch über eine Screeningmethode hinausgehen, wird im Folgenden nur auf OCRA CL Bezug genommen. Die „Rapid Upper Limbs Assessment Method“ wird ebenfalls nicht weiter betrachtet, da sie Lasten bzw. Kräfte im Bereich von 2-10 kg bzw. 20-100 N nicht differenziert.

4.3.3 Vergleich der Methodenstrukturen und Bewertungen

4.3.3.1 Merkmalauswahl

Tabelle 4.9 zeigt eine Übersicht der berücksichtigten Merkmale. Dabei ist zu beachten, dass die Bezeichnung der Merkmale lediglich eine thematische Zuordnung darstellt. Inhaltlich weichen sie teilweise erheblich voneinander ab, obwohl sie alle zur Beurteilung der Belastung durch manuelle Arbeiten entwickelt wurden. Das betrifft sowohl die berücksichtigten Merkmale, als auch die Bewertungen und deren Berechnungsalgorithmen. Auffällig ist, dass bei mehreren Methoden arbeitsorganisatorische und bedingungsbezogene Merkmale fehlen.

Tab. 4.7 Vergleich der berücksichtigten Merkmale in ausgewählten Beurteilungsverfahren für manuelle Arbeit. Ausführliche Bezeichnung der Verfahren vgl. Abschnitt 4.2.2

| Berücksichtigte Merkmale | LMM07 | SI | TLVHAL | ORCRACL | ManTRA | HARM | ART |
|--------------------------|-------|----|--------|---------|--------|------|-----|
| Tätigkeitsdauer | x | x | | x | x | x | x |
| Krafthöhe | x | x | x | x | x | x | x |
| Intensität der Bewegung | x | x | x | x | x | x | x |
| statische Anteile | x | | | | | x | |
| Arbeitsgeschwindigkeit | | x | | | | | x |
| Greifbedingungen | | | | x | | | x |
| Hand-Arm-Stellung | x | x | | x | x | x | x |
| Körperhaltung | x | | | | x | x | x |
| Arbeitsorganisation | x | | | | | | |
| Erholzeiten | | | | x | | | |
| Ausführungsbedingungen | x | | | x | | x | x |
| Vibration | | | | x | x | x | x |
| Zykluszeit-Bezug | | x | | | | | |

▪ **Zeitwichtung**

Die Tätigkeitsdauer wird bei allen Methoden durch eine Zeitwichtung berücksichtigt. Allerdings differenziert diese Wichtung in unterschiedlicher Weise. Der mögliche Wertebereich ist mit den Faktoren 3 (ART) bis 16 (HARM) gespreizt. Bei TLV HAL ist die Wichtung immer 1 und wird auf 8 Stunden bezogen. Bei SI, OCRA CL und Art wird von 5 bis 8 Stunden die 1 vergeben. Darunter gibt es Werte kleiner als 1 und darüber Werte größer als 1. HARM (und auch LMM MA 2011) verwenden lineare Zeitwichtungen, die sich direkt an den Arbeitsstunden orientieren.

Abbildung 4.5 zeigt einen Vergleich der Wichtungszahlen. Dabei wird deutlich, dass es hinsichtlich der Bedeutung der Arbeitsdauer erhebliche Auffassungsunterschiede gibt. Zu beachten ist allerdings, dass nicht die absolute Höhe der Wichtungszahlen entscheidend ist, sondern ihr Effekt auf die Gesamtbewertung. Bis auf TLV HAL und ManTRA bei allen Methoden die Zeitwichtung als Multiplikator einsetzt (Abschn. 4.2.3.2).

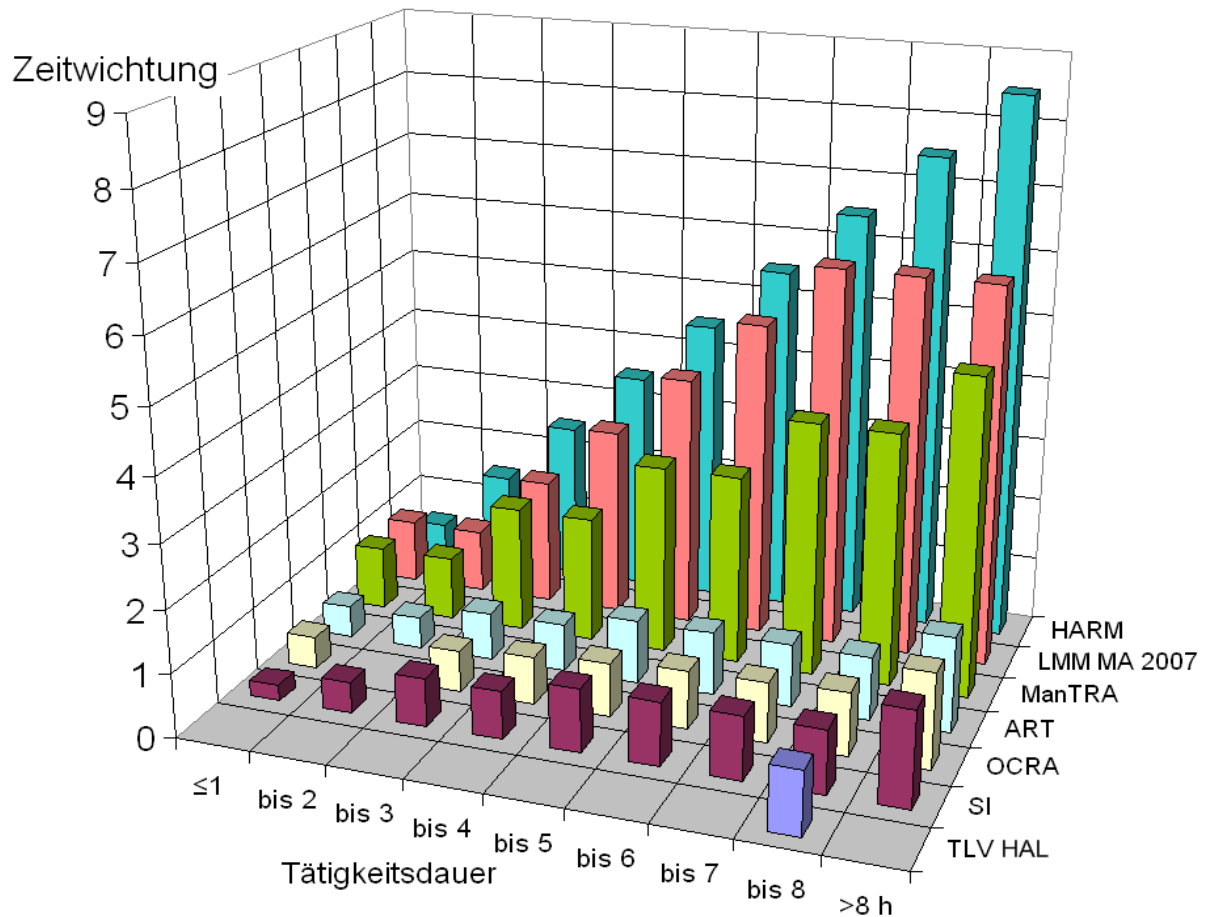


Abb. 4.5 Vergleich der Zeitwichtungen

Tab. 4.8 Wertebereiche der Zeitwichtungen

| Methode | Wertebereiche der Zeitwichtungen | | | | | | | | |
|-------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | Tätigkeitsdauer pro Schicht | | | | | | | | |
| | ≤1 | bis 2 | bis 3 | bis 4 | bis 5 | bis 6 | bis 7 | bis 8 | >8 |
| LMM MA 2007 | 1 | 2 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| SI | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | | | 1,5 | | 1,5 |
| TLV HAL | - | | | | | | 1 | - | |
| OCRA CL | 0,5 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,925 | 0,95 | 1 | 1,5 | 1,5 |
| ManTRA | 1 | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | 5 |
| HARM | 0,5 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 5,5 | 6,5 | 7,5 | 8,5 |
| ART | 0,5 | | 0,75 | | 1 | | | 1,5 | |

- Kraftwichtung

Alle Methoden wichten die Aktionskräfte mit Ordinalzahlen. Trotz der formellen Ähnlichkeiten gibt es erhebliche Unterschiede: SI, TLV HAL und OCRA CL skalieren ein-dimensional einen Kraftbereich von minimal bis maximal. LMM MA 2007 und HARM skalieren von bis zu einer Grenzkraft von 50 bzw. 60 N. ART, HARM und LMM MA 2007 kombinieren die Krafthöhe mit der Dauer/Häufigkeit und ManTRA mit der Art/Geschwindigkeit der Bewegungsausführung.

Die folgende Abbildungen 4.6 bis 4.12 zeigen die jeweiligen Zuordnungen.

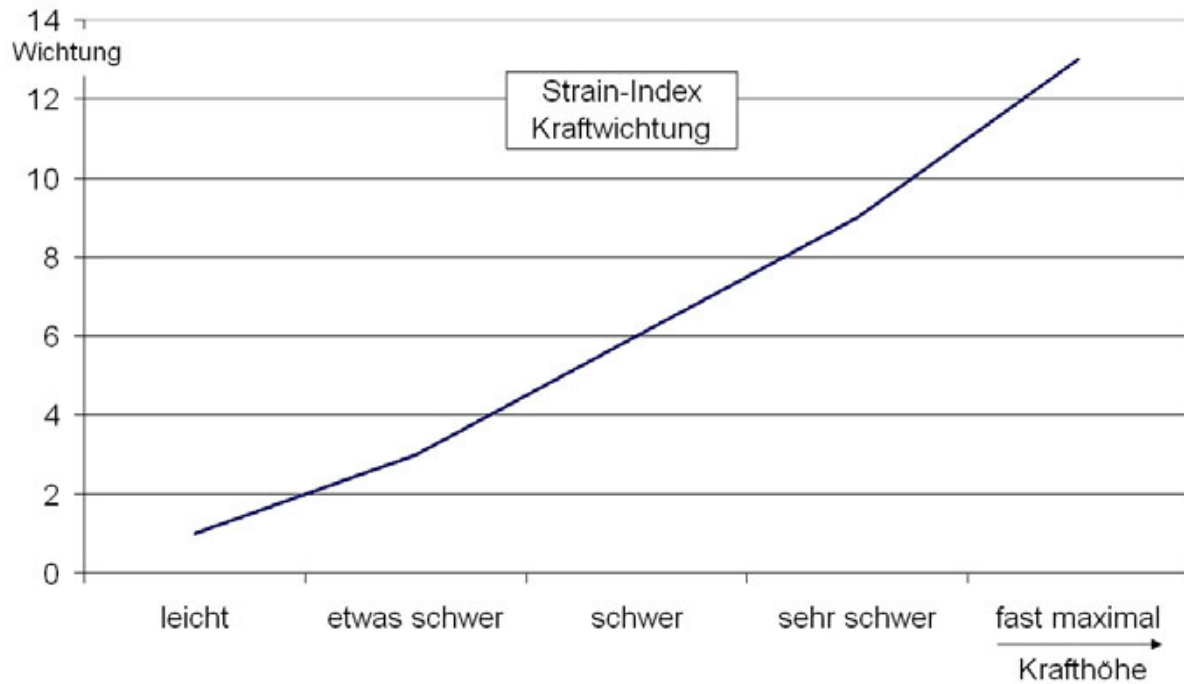


Abb. 4.6 Wichtung der Aktionskraft bei SI

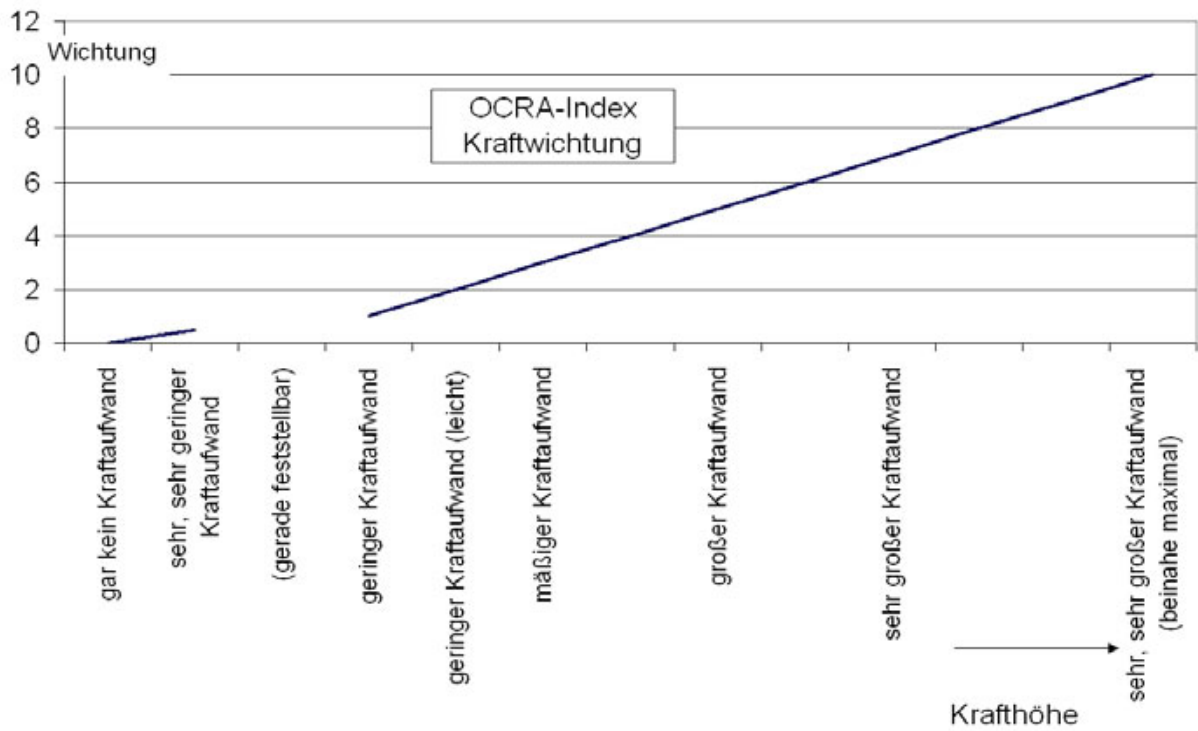


Abb. 4.7 Wichtung der Aktionskraft bei OCRA CL

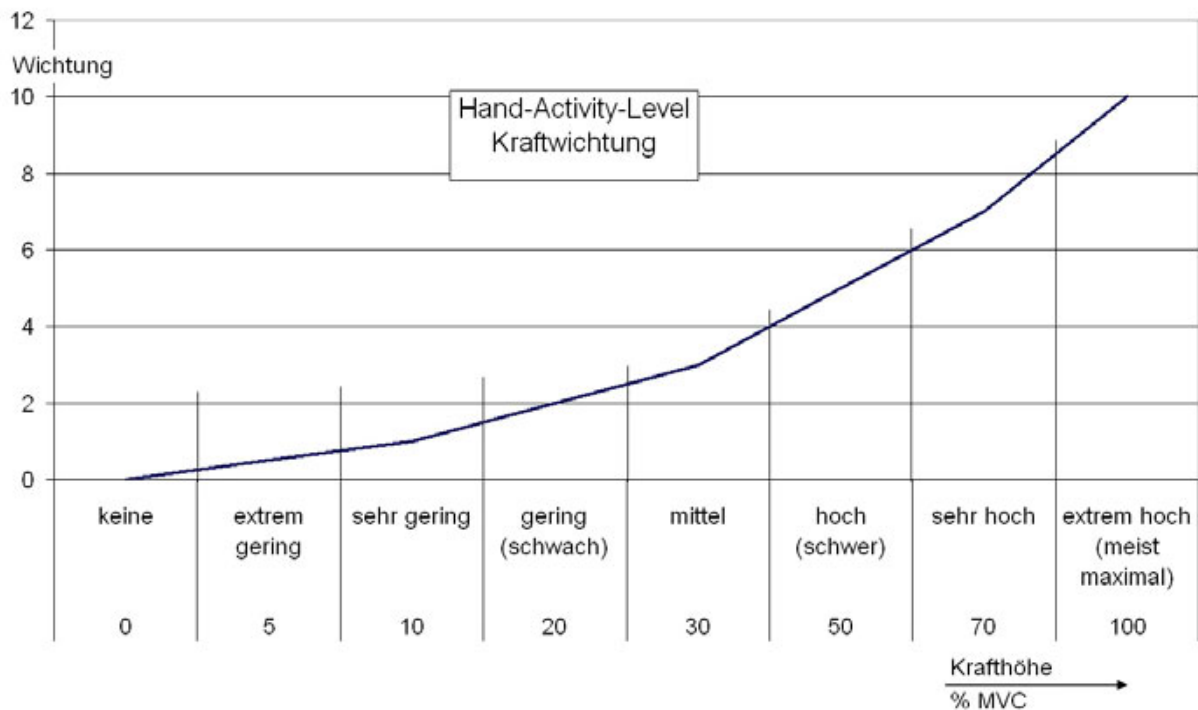


Abb. 4.8 Wichtung der Aktionskraft beim TLV HAL

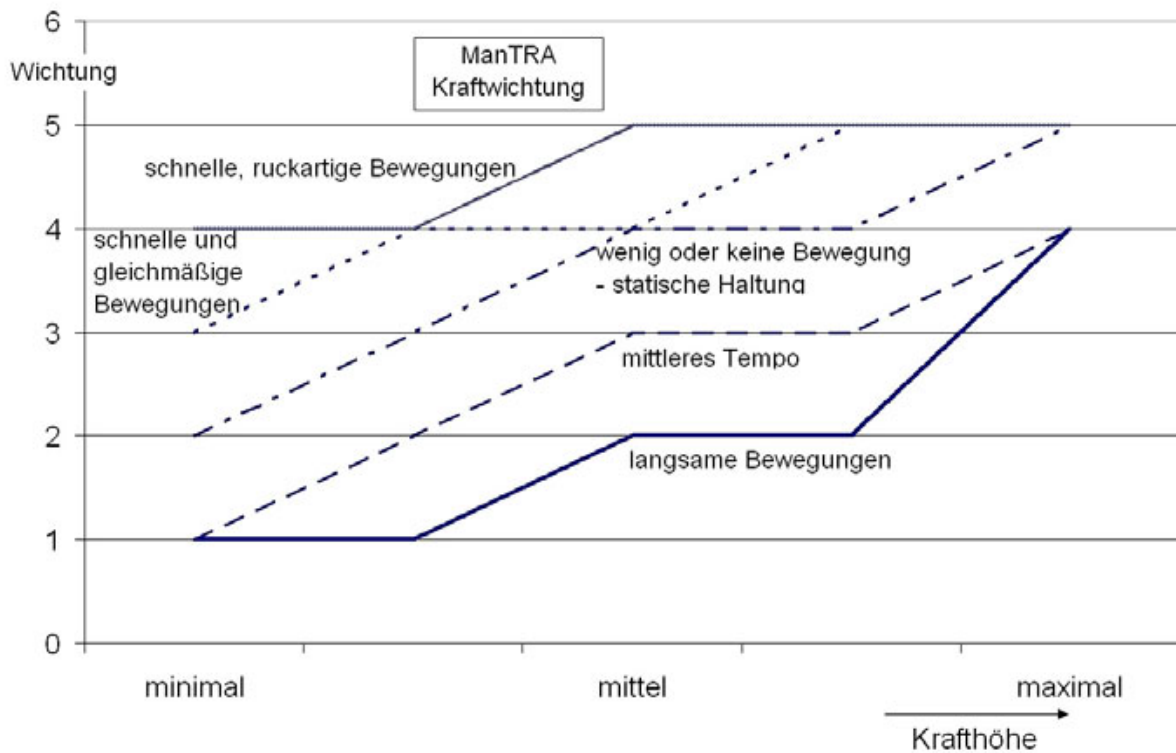


Abb. 4.9 Wichtung der Aktionskraft bei ManTRA

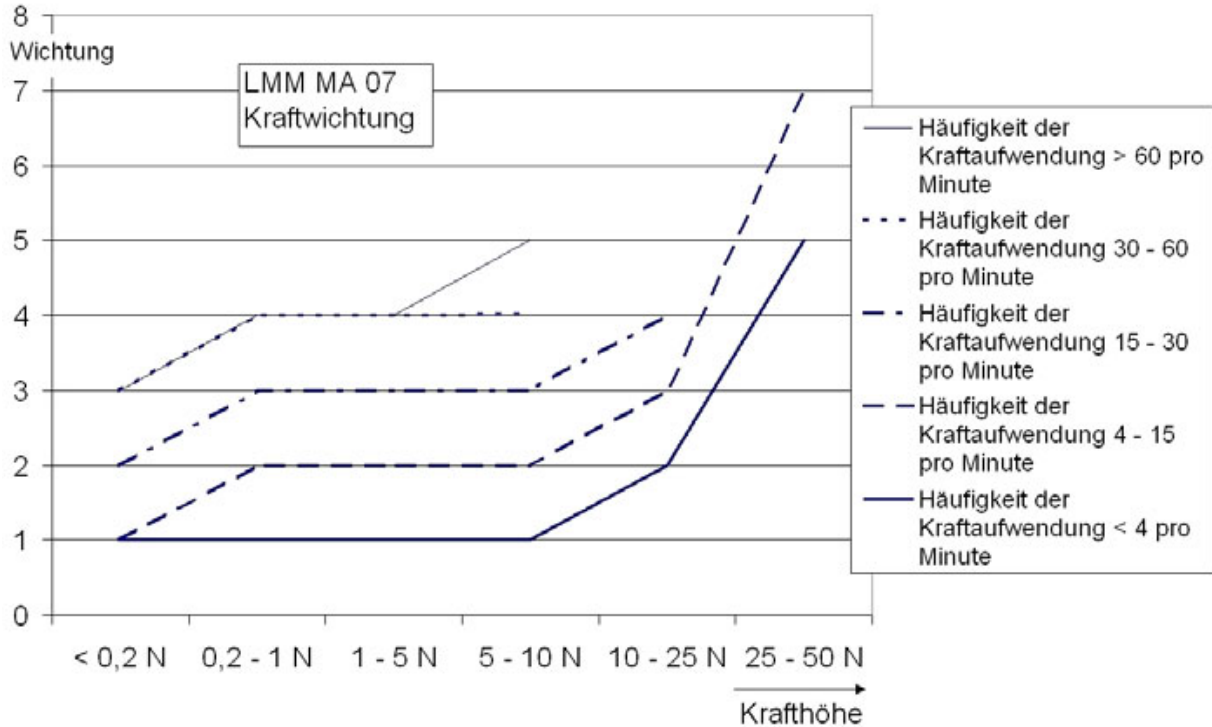


Abb. 4.10 Wichtung der Aktionskraft bei LMM MA 2007. Da die Kraftwichtung von der Häufigkeit bzw. Dauer der Kraftaufwendungen abhängig ist, ergeben sich hier fünf „Wichtungslinien“

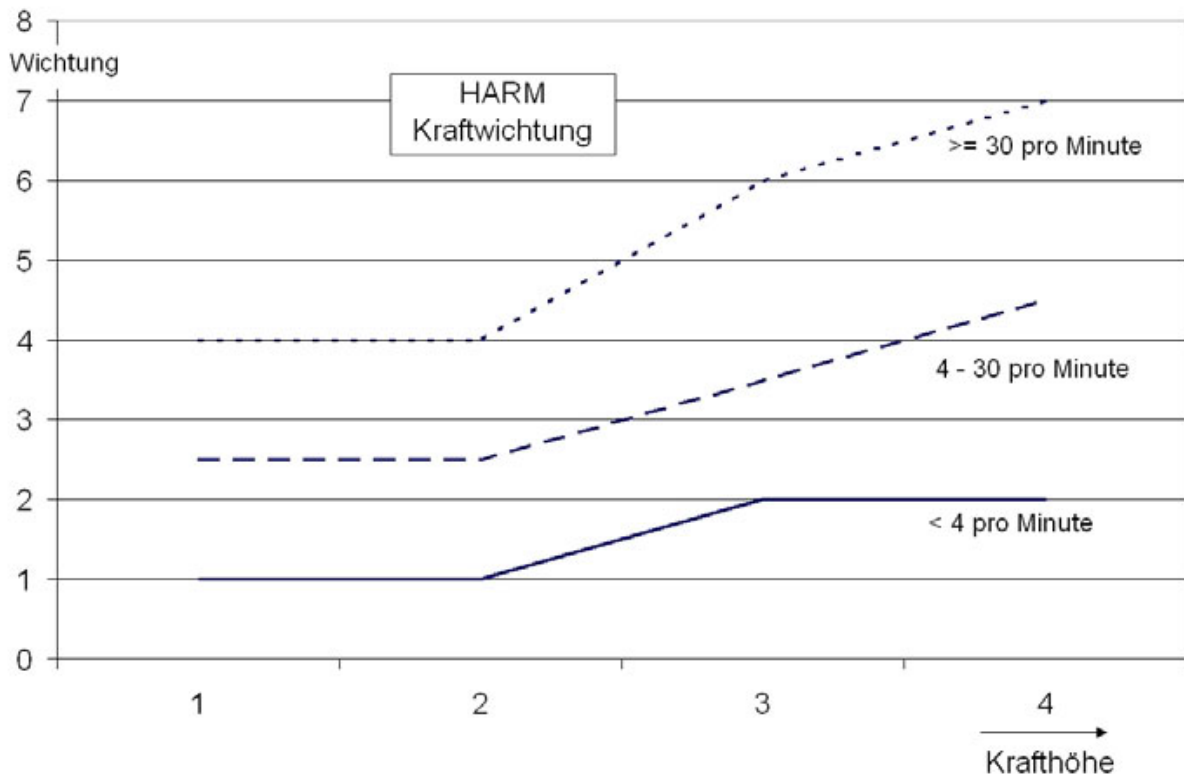


Abb. 4.11 Wichtung der Aktionskraft bei HARM

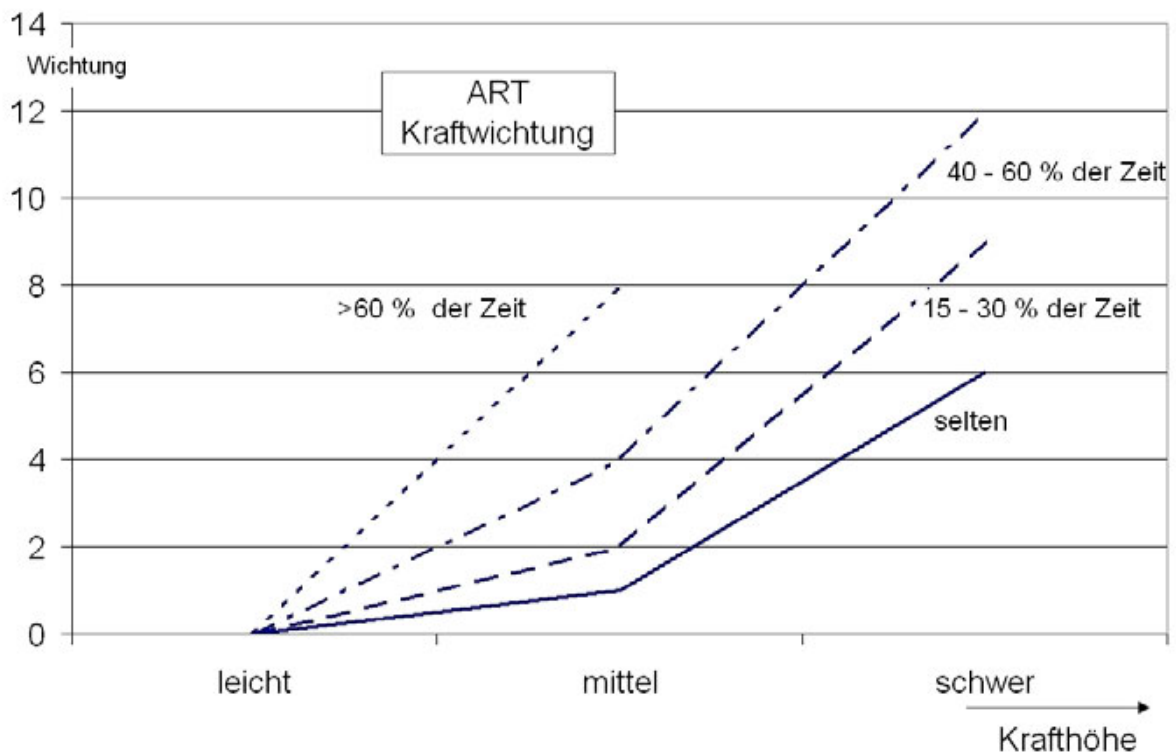


Abb. 4.12 Wichtung der Aktionskraft bei ART

Ergänzend muss an dieser Stelle vermerkt werden, dass es auch andere methodische Zugänge zur Ermittlung der Aktionskräfte gibt. In weiteren, hier nicht näher behandelten Methoden werden subjektive Einschätzungen anhand der Borg-Skala und, oder damit kombiniert, das Verhältnis von erforderlicher Kraft zu maximal möglicher Kraft % MVC (maximum voluntary contraction) vorgenommen. Abbildung 4.13 zeigt ein Beispiel einer Borg-Skala in Kombination mit einer visuellen Analogskala.

| Borg CR10 Skala: Einschätzung des empfundenen Kraftaufwands | | %MVC |
|---|--|------|
| 0 | gar kein Kraftaufwand | 0 |
| 0,5 | sehr, sehr geringer Kraftaufwand (gerade feststellbar) | 5 |
| 1 | sehr geringer Kraftaufwand | 10 |
| 2 | geringer Kraftaufwand | 20 |
| 3 | mäßiger Kraftaufwand | 30 |
| 4 | | 40 |
| 5 | großer Kraftaufwand | 50 |
| 6 | | |
| 7 | sehr großer Kraftaufwand | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | sehr, sehr großer Kraftaufwand (beinahe maximal) | |
| 11 | | |
| • | absolut maximaler Kraftaufwand | |

Abb. 4.13 Borg CR 10-Skala

Eine visuelle Analogskala haben auch LATKO et al. (1997) gewählt. Zusätzlich zur Krafthöhe werden auch Geschwindigkeit, Regelmäßigkeit und Pausen berücksichtigt. Damit erfüllt diese Skala eigentlich schon die Kriterien einer kompletten Methode. Problematisch ist dabei allerdings, dass es auch andere als die angegebenen Kombinationen geben kann, wie beispielsweise schnelle regelmäßige Bewegungen mit häufigen kurzen Pausen.

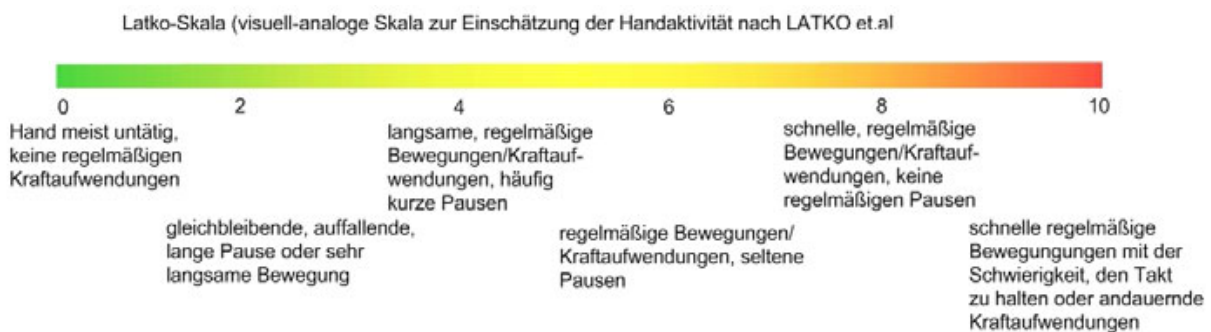


Abb. 4.14 Wichtung der Aktionskraft bei LATKO et al. (1997)

Das zugrunde gelegte Belastungs-Beanspruchungsmodell ist bei den genannten Methoden gleich. Es wird angenommen, dass mit zunehmender Krafthöhe auch die Beanspruchung und damit die Gefahr einer Überbeanspruchung mit negativen Auswirkungen ansteigen.

Gleich ist bei allen Methoden auch der Versuch, komplexe Zusammenhänge praxisgerecht aufzubereiten. Der Zugang ist jedoch unterschiedlich und nicht immer unproblematisch. Die folgenden Aspekte sollen das verdeutlichen.

SI, TLV HAL, OCRA CL, ManTRA und ART skalieren die Höhe der Kraft von einem Minimum bis zu einem Maximum. Das Maximum wird als Maximalkraft angenommen und entspricht der MVC. Begrifflich nicht eindeutig ist, welche Kraft damit gemeint ist. Im vorliegenden Kontext können das die erforderlichen Aktionskräfte zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe (Anforderung) oder die aufgewendeten Körperkräfte (Belastung) sein. Letztere sind durch die gewählte Arbeitstechnik beeinflussbar. Es kann aber auch die personenbezogene Beanspruchungswahrnehmung (Borg-Skala) gemeint sein. Die drei genannten Kraftskalierungen können sich erheblich voneinander unterscheiden.

Ein anderer wichtiger Aspekt ist die fehlende Differenzierung der aufgewendeten Körperkräfte. Ausgeübte Aktionskräfte sind immer ein Gemeinschaftsergebnis von mehreren beteiligten Muskelgruppen. Die Maximalkräfte variieren jedoch bei den Muskelgruppen erheblich. Die Begriffsgruppe „fast maximal, maximal, sehr hoch, schwer“ definiert vermutlich die Mittelwerte der isometrischen Maximalkräfte. Diese liegen bei männlichen Produktionsarbeitern für die Handschlusskraft bei 340 N, für die Fingerschlusskraft (Pinchgriff) bei 90 N (nach „Montagespezifischer Kraftatlas“, WAKULA et al., 2009). Dabei bleibt die Frage unbeantwortet, auf welche Population oder Personen diese Werte übertragen werden können. Als grundsätzliches Gestaltungsziel wäre nach ROHMERT (1960) eine Krafthöhe anzusetzen, die dem 15. Kraftperzentil der Gesamtbevölkerung entspricht (Abb. 4.15).

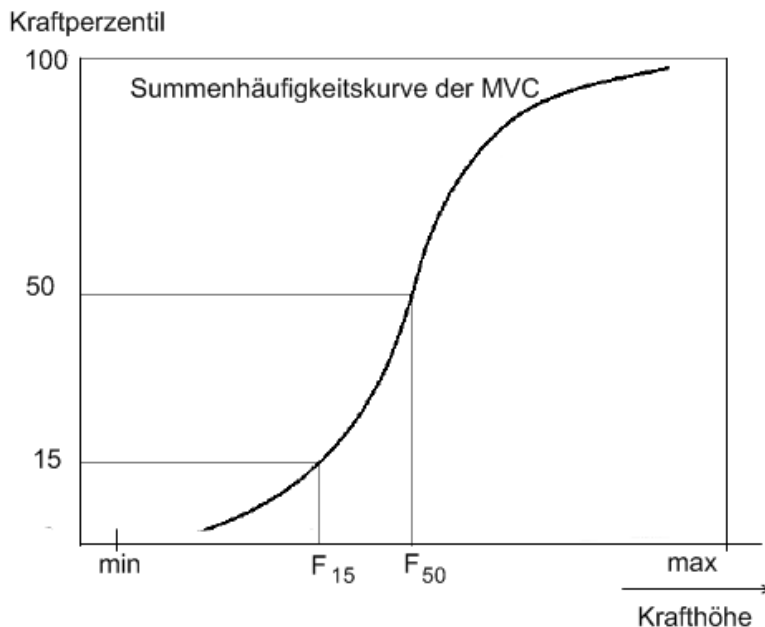


Abb. 4.15 Grundsätzlicher Zusammenhang zwischen der Verteilung der Maximalkräfte und den praxisrelevanten Aktionskräften

Aufgrund dieser Problemstruktur ist die Einstufung der Krafthöhe nur in grober Annäherung möglich und stark fehlerbehaftet, wenn kleine Muskelgruppen beansprucht werden. Ein Beispiel soll das verdeutlichen: 45 N Kraftaufwendung mit Handschluss erfordern 12 % der MVC, 45 N Kraftaufwendung mit Pinchgriff hingegen 50 % MVC. Die absolute Krafthöhe ist zwar gering, die kleinen Fingermuskeln sind dabei aber hoch belastet.

Zur Lösung dieses Problems wurde bei LMM MA 2007 und HARM eine Kombination der absoluten Krafthöhe in Verbindung mit der Beschreibung der Kraftausübung gewählt.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Zeitdauer und Häufigkeit der Kraftaufwendung. Diese Faktoren werden bei allen Methoden berücksichtigt. Bei ManTRA, LMM MA 2007, HARM und ART sind sie Teil der Kraftwichtung. Bei den anderen Methoden werden sie als getrennte Faktoren erfasst. Da die erforderlichen Erholzeiten vom Anteil der MVC abhängen und diese wiederum von der Art der Handlungen, wurde bei LMM MA 2007 und HARM versucht, die Art der Kraftausübung, die Höhe der Kraftaufwendung und die Dauer/Häufigkeit in einer Tabelle zusammenzufassen (Abb. 4.16).

| 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 |
| sehr gering < 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 |
| gering 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 |
| mittel 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 | - |
| erhöht 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 | - | - |
| hoch 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 | - | - |
| sehr hoch 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. 4.16 Kraftwichtung der LMM MA 2007

Höhere Aktionskräfte führen zu höheren Ermüdungen und längeren Erholzeiten. Die erforderlichen Erholzeiten stehen nicht im linearen Verhältnis zur Krafthöhe und Dauer. Mit zunehmender Krafthöhe ermüdet der Muskel stärker und schneller als die Kraft zunimmt. Der Zusammenhang ist progressiv mit einer Annäherung an die Hyperbel $y = 1/x$. Diese Erkenntnisse gehen auf die Studien von ROHMERT (1960) zurück und finden sich bei fast allen Methoden in der Verteilung der Ordinalzahlen und Bezeichnungen wieder. 30 % der MVC werden meist als „mittel“ bezeichnet, darüber

liegende Werte als schwer. Daraus resultiert auch die generelle Empfehlung, dass die Dauerbelastung 15 % der MVC nicht übersteigen sollte.

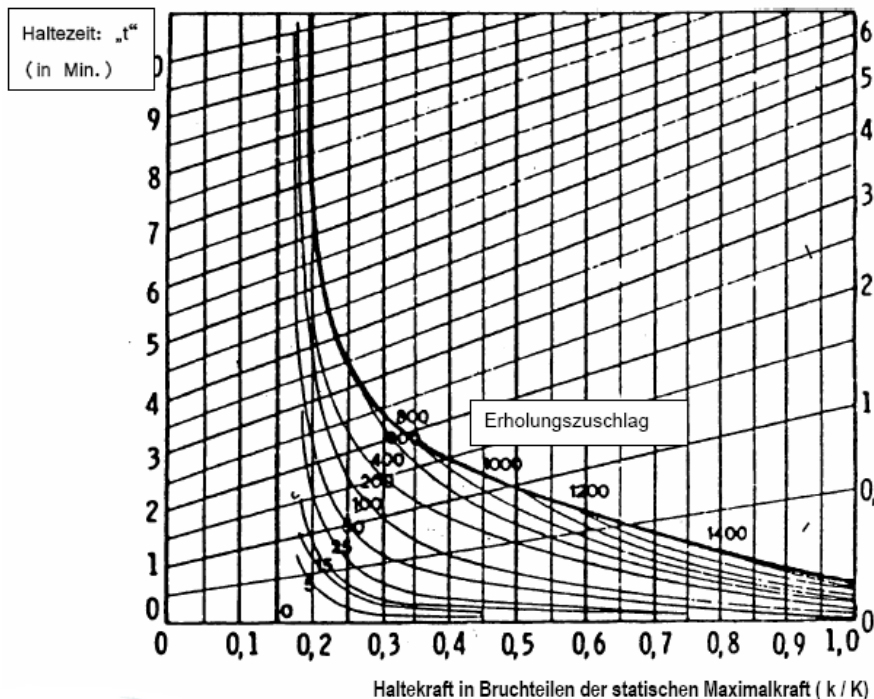


Abb. 4.17 Erholungszuschläge nach ROHMERT (1960)

▪ **Zusätzliche Faktoren der Kraftausübung**

Die Merkmale „Tätigkeitsdauer“ (Zeit) und „Krafthöhe“ werden bei allen Methoden berücksichtigt. Sie wurden im vorangegangenen Abschnitt ausführlicher dargestellt. Ebenfalls bei allen Methoden anzutreffen ist das Merkmal „**Intensität der Bewegung**“. Während die Tätigkeitsdauer konkret auf die Gesamtdauer der Tätigkeit Bezug nimmt, ist das Merkmal „Intensität der Bewegung“ als Oberbegriff für unterschiedliche Kriterien zu verstehen. Im Einzelnen sind das Repetition, Anstrengung, Häufigkeit, Frequenz, Dauer der Anstrengung und Arbeitsgeschwindigkeit. Dabei werden sowohl Zahlen (z. B. 10-15/min) als auch Beschreibungen (z. B. ständig schnelle Bewegungen), Zykluszeiten oder die Gleichartigkeit von Bewegungsmustern zugrunde gelegt. Methodischer Hintergrund ist der vermutete Zusammenhang von anhaltend intensiven Arbeitshandlungen zu spezifische Beschwerden.

Bis auf LMM MA und HARM sind die Skalen eindimensional. LMM MA 2007 und HARM skalieren zweidimensional unter Berücksichtigung der Art der Kraftausübung und skalieren zusätzlich auch „**statische Anteile**“. Damit gehen beide Methoden über den engen Fokus der Repetition hinaus.

SI und ART erfassen in diesem Kontext zusätzlich das Merkmal „**Arbeitsgeschwindigkeit**“. Das verbal beschriebene Kriterium bei beiden ist, ob das Arbeitstempo durchgehalten werden kann.

Eine weitere Merkmalgruppe betrifft die Qualität der „**Greifbedingungen**“. Sie wird bei OCRA CL und ART berücksichtigt. Bei beiden erfolgt eine zweidimensionale Skalierung von Griffart und Dauer. Der Pinchgriff wird dabei immer als ungünstig bewertet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Auswahl der Merkmale inhomogen ist und diese meist verbal umschrieben und unzureichend definiert sind. Damit entsteht ein erheblicher Beurteilerraum mit der Folge einer reduzierten Reliabilität.

- Körperhaltungen und Gelenkstellungen

Da sich SI, TLV HAL und OCRA CL ausschließlich auf die repetitive Belastung der oberen Extremitäten beziehen, werden Körperhaltungen nicht erfasst. Bis auf TLV HAL werden in allen anderen Methoden die Gelenkstellungen erfasst. Meist wird zweidimensional skaliert (Abweichung von der optimalen Mittellage in Verbindung mit der Zeitdauer). SI und ManTRA beschränken sich auf verbale Kriterien. OCRA CL, LMM MA, HARM und ART unterstützen den Anwender durch bildliche Darstellungen. Erheblich abweichend sind die betrachteten Gelenke. SI beschränkt sich auf das Handgelenk, ART auf Handgelenk und Ellenbogen, während OCRA, LMM MA, ManTRA und HARM Handgelenk, Ellenbogengelenk und den gesamten Arm berücksichtigen.

- Weitere Faktoren

Weitere Faktoren sind **erschwerende Bedingungen**, die bei LMM MA, OCRA CL, HARM, ManTRA und ART berücksichtigt werden. Im Einzelnen sind das Behinderungen der Arbeitsausführung durch unzureichende Werkzeuge, Kälte, Handschuhe, schlechte Sehbedingungen und die **Einwirkung von Vibration**. Diese Faktoren werden nur pauschal erfasst. Eine Ausnahme macht dabei HARM, hier können zusätzlich auch konkrete Beschleunigungswerte der Hand-Arm-Vibration verwendet werden.

Mit dem Bezug zum Arbeitspensum und zum Pausensystem werden die arbeitsstrukturbezogenen Merkmale wie „**Erholzeiten**“ (OCRA CL) und „**Zykluszeitbezug**“ (SI) verwendet. In der LMM MA werden unter dem Merkmal „**Arbeitsorganisation**“ zusätzlich auch Tätigkeitswechsel und Arbeitsinhalt berücksichtigt.

Bei den hier genannten weiteren Faktoren gibt es offensichtlich wenig Übereinstimmung. Da sie bis auf die Vibration eher als Ko-Faktoren anzusehen sind, ist die Wichtung dementsprechend meist gering. Da Hand-Arm-Vibration ein definiertes Schädigungspotenzial hat, ist eine Erfassung wichtig. Aufgrund eines gesonderten Regelwerkes (z. B. Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung, Berufskrankheitenverordnung) und einschlägiger Normen sowie der Schwierigkeit der Ermittlung der Schwingstärke erscheint allerdings eine eigenständige Bewertung sinnvoller.

4.3.3.2 Bewertung

Die Bewertung erfolgt bei allen verglichenen Methoden durch die Bildung eines Gesamtscores nach einer einfachen Rechenvorschrift (Tab. 4.11).

Tab. 4.9 Rechenvorschriften zur Ermittlung des Gesamtscores bzw. Bewertung der Analyseergebnisse in den betrachteten Beurteilungsverfahren

| Bewertungsalgorithmus | LMM 07 | SI | TLV HAL | OCRA CL | ManTRA | HARM | ART |
|---|--------|----|---------|---------|--------|------|-----|
| Skalierung in Ordinalzahlen (OZ) | X | X | X | X | X | X | X |
| <u>Gesamtscore</u> | X | X | X | X | X | X | X |
| • Addition aller OZ | | | | | X | | |
| • Multiplikation aller OZ | | X | | | | | |
| • Division der OZ | | | X | | | | |
| • Multiplikation der OZ Tät.-Dauer mit der Summe der anderen OZ | X | | | X | | X | X |

Interessant ist, dass es bei den betrachteten Methoden unterschiedliche Rechenwege gibt. Bei SI und ManTRA gehen alle Wichtungen gleichberechtigt in die Berechnung ein. Bei LMM, OCRA CL, HARM und ART wird demgegenüber die Zeit besonders berücksichtigt. Zugrunde liegt hier ein Modell, das aus dem Produkt der Zeit und der Intensität der Belastung einen Dosiswert bildet.

Wenn auch nicht immer expliziert formuliert, das gemeinsame Ziel aller Methoden ist die Prävention arbeitsbezogener Erkrankungen im Bereich der oberen Extremitäten (Tab. 4.12).

Tab. 4.10 Bewertungen der Analyseergebnisse

| Methode | Bewertung der Analyseergebnisse | |
|---------|--|--|
| | qualitativ | quantitativ |
| LMM MA | Grad der Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Belastung ▪ Erhöhte Belastung ▪ Wesentlich erhöhte Belastung ▪ Hohe Belastung |
| SI | Risiko von Beschwerden und Erkrankungen der oberen Extremitäten | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sicher ▪ Unklar ▪ Risiko |
| TLV HAL | Grenzwerte zur Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Action limit ▪ Threshold limit value |
| OCRA CL | Risiko der Überbelastung der oberen Extremitäten durch repetitive Arbeiten | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kein Risiko ▪ Niedriges Risiko ▪ Mittleres Risiko ▪ Hohes Risiko |
| ManTRA | Notwendigkeit von Maßnahmen | <ul style="list-style-type: none"> ▪ --- |
| HARM | Risiken für Beschwerden im Hand-, Arm- und Schulterbereich | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kein erhöhtes Risiko ▪ Erhöhtes Risiko ▪ Stark erhöhtes Risiko |
| ART | Dringlichkeit von weiteren Analysen | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gering ▪ Mittel ▪ Hoch |

Unterschiedlich sind allerdings die Bewertungsmodelle. TLV HAL, SI und HARM bewerten das Risiko für Beschwerden im Bereich der oberen Extremitäten. ManTRA ermittelt die Notwendigkeit von Umgestaltungen. OCRA CL und LMM MA bewerten die Möglichkeit einer Überbelastung bzw. Überbeanspruchung. Speziell im ManTRA ermittelt die Notwendigkeit von Umgestaltungen.

Die Begründung für das Beurteilungsmodell der LMM ist, dass die konkrete Verbindung von einem Gesamtscore zu spezifischen Beschwerden und/oder Krankheiten nur schwer darstellbar. Idealerweise sollten Arbeitsbelastung und Beschwerdebilder zusammenpassen. Da Beschwerden und Krankheiten aber erst die manifeste Folge von Überbelastungen sind und nach dem modernen Paradigma der Epidemiologie alle Erkrankungen multifaktoriell verursacht sind, wurde auf diesen Bezug verzichtet. Es wird der Grad der Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung abgeschätzt, ohne die Folgen zu benennen. Darin enthalten sind demzufolge auch die nicht bemerkten Mikrotraumen, die erst später zu Beschwerden führen sowie Ermüdung, Missempfindungen und Kraftverlust. Ob diese später zu gesundheitlichen Beschwerden führen, als solche wahrgenommen und auch geäußert werden hängt von mehreren Faktoren wie z. B. Klagsamkeit, Angst vor Arbeitsplatzverlust oder traditionellem Denken ab. Das gegenwärtige Problem des Präsentismus, d. h. die Anwesenheit am Arbeitsplatz trotz Krankheit, belegt das eindringlich.

4.3.4 Vergleich der Beurteilungsergebnisse

Wegen der im Abschnitt 4.2.3.1 dargestellten unterschiedlichen Merkmalauswahl, abweichenden Skalierungen und Bewertungen dürfte ein Vergleich der Beurteilungsergebnisse wenig erfolgversprechend, unter strengen methodischen Regeln eigentlich unzulässig sein. Da aber eine übereinstimmende Grundkonzeption vorhanden ist und bei allen betrachteten Methoden ein Score für die zusammenfassende Beurteilung errechnet wird, soll dennoch ein Vergleich vorgenommen werden.

Bevor ein Vergleich der Beurteilungsergebnisse möglich war, mussten die Methoden formal normiert werden. Abbildung 4.18 zeigt die großen Differenzen der möglichen Wertebereiche. Insbesondere die multiplikative Verknüpfung aller Einzelwichtungen bei SI und die Quotientenbildung bei TLV HAL führen zu nicht mit der LMM MA vergleichbar darstellbaren Wertebereichen.

Deshalb wurden Korrekturfaktoren gebildet, die es ermöglichen, die „grün–rot“-Grenzen in ähnliche Bereiche zu verschieben. Abbildung 4.19 zeigt die angepassten Wertebereiche und die Korrekturfaktoren. Aufgrund der multiplikativen Verknüpfung bei SI war eine Anpassung nicht möglich.

Eine nachträgliche Beurteilung der Stichprobe aus dem Forschungsbericht F 1994 mit OCRA CL war nicht möglich, da die dazu erforderlichen Detailangaben nicht erhoben wurden. Aus diesem Grund konnte diese Methode leider nicht in den Vergleich einbezogen werden.

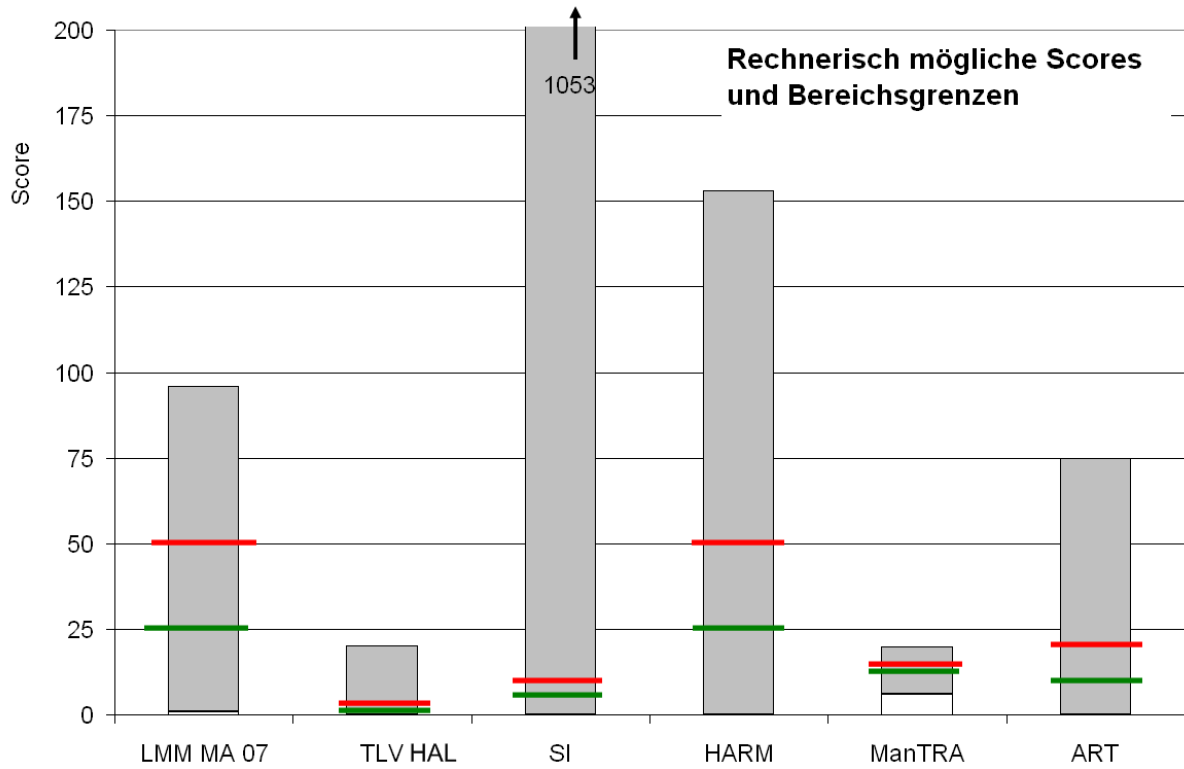


Abb. 4.18 Grenzen und rechnerisch mögliche Wertebereiche des Gesamtscores der Methoden

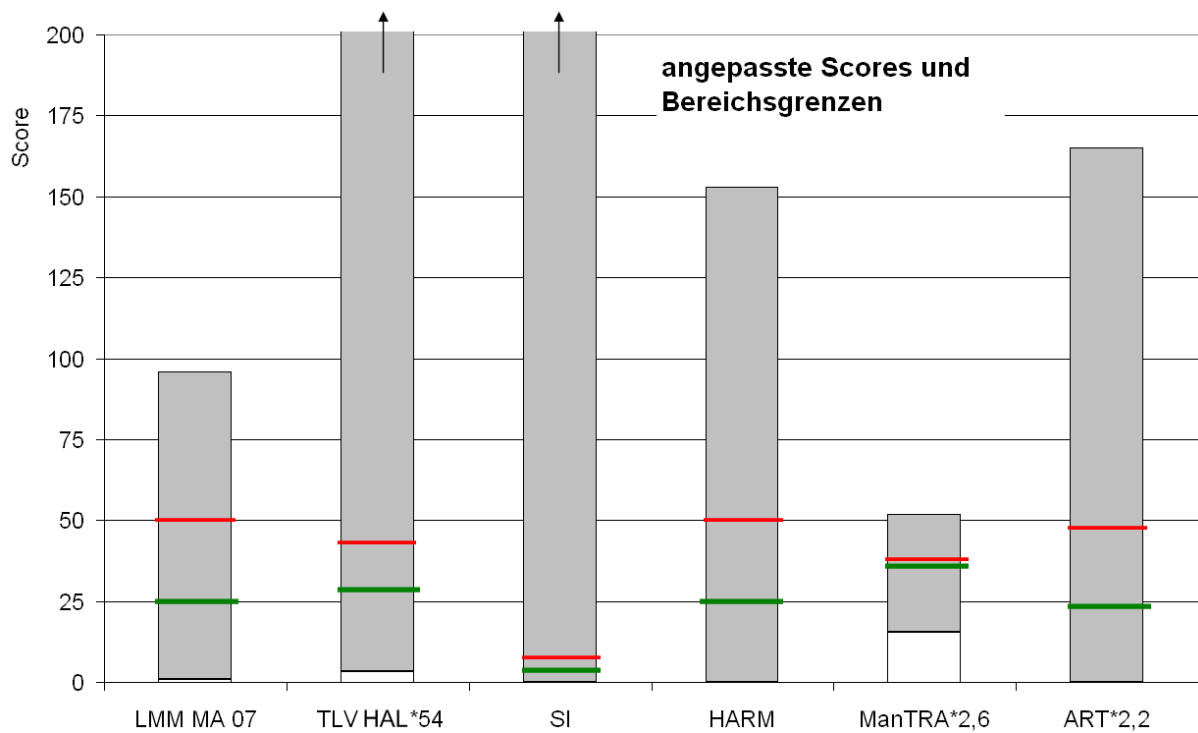


Abb. 4.19 Grenzen und Wertebereiche des angepassten Gesamtscores der Methoden

Für den Vergleich wurden von den Projektverantwortlichen die Daten der arbeitswissenschaftlichen Analysen verwendet.

Abbildung 4.20 zeigt den Vergleich der Beurteilungsergebnisse anhand der 87 Tätigkeiten aus dem Forschungsbericht F 1994. Trotz aller Methodendifferenzen ist eine grundsätzliche Übereinstimmung in den linearen Trendlinien erkennbar. Offensichtlich reduzieren sich die theoretisch möglichen Unterschiede bei der Anwendung unter realen Bedingungen auf ein akzeptables Minimum. Deutlich wird in dieser Stichprobe, dass HARM meist ein höheres Risiko anzeigt und der geringe Anstieg der Trendlinie von ManTRA auf eine geringe Differenzierungsmöglichkeit dieser Methode hinweist.

Ein ähnliches Bild ergibt sich beim Vergleich der Beurteilungsergebnisse anhand der 18 Tätigkeiten des vorliegenden Validierungsprojektes (Abb. 4.21). Die Trends sind vergleichbar, allerdings liegen die HARM-Bewertungen hier im mittleren Bereich.

Zu berücksichtigen ist bei diesen vergleichenden Analysen, dass sie auf den Tätigkeiten aus den Forschungsberichten F 1994 und F 2195 beruhen. Diese sind eine Auswahl, deren Repräsentativität nicht bekannt ist. Eine Veränderung dieser Trends ist bei großen Stichproben möglich. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangen auch TOMEI et al. (2005), die die Methoden TLV HAL und SI in zwei Fallbeispielen verglichen. Hierbei wurden allerdings keine Korrelationen der Bewertung mit Gesundheitsfaktoren (Prävalenz an Beschwerden) ermittelt.

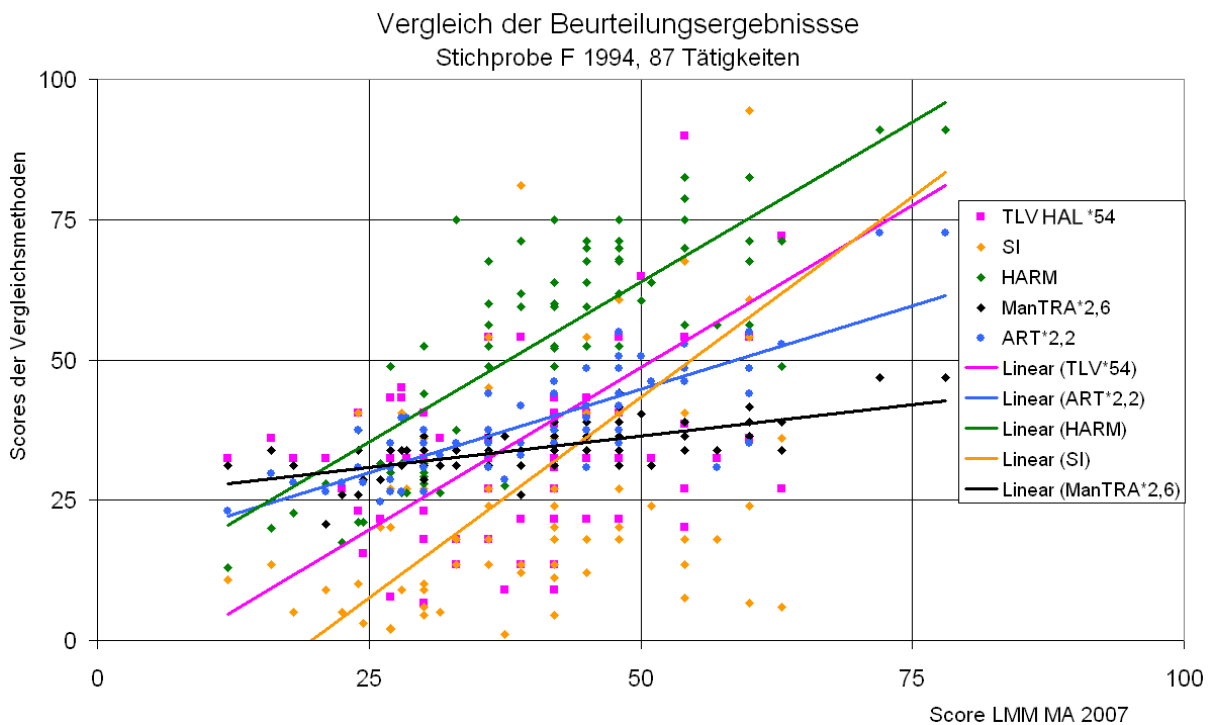


Abb. 4.20 Vergleich der Beurteilungsergebnisse von 87 Tätigkeiten aus dem Forschungsbericht F 1994

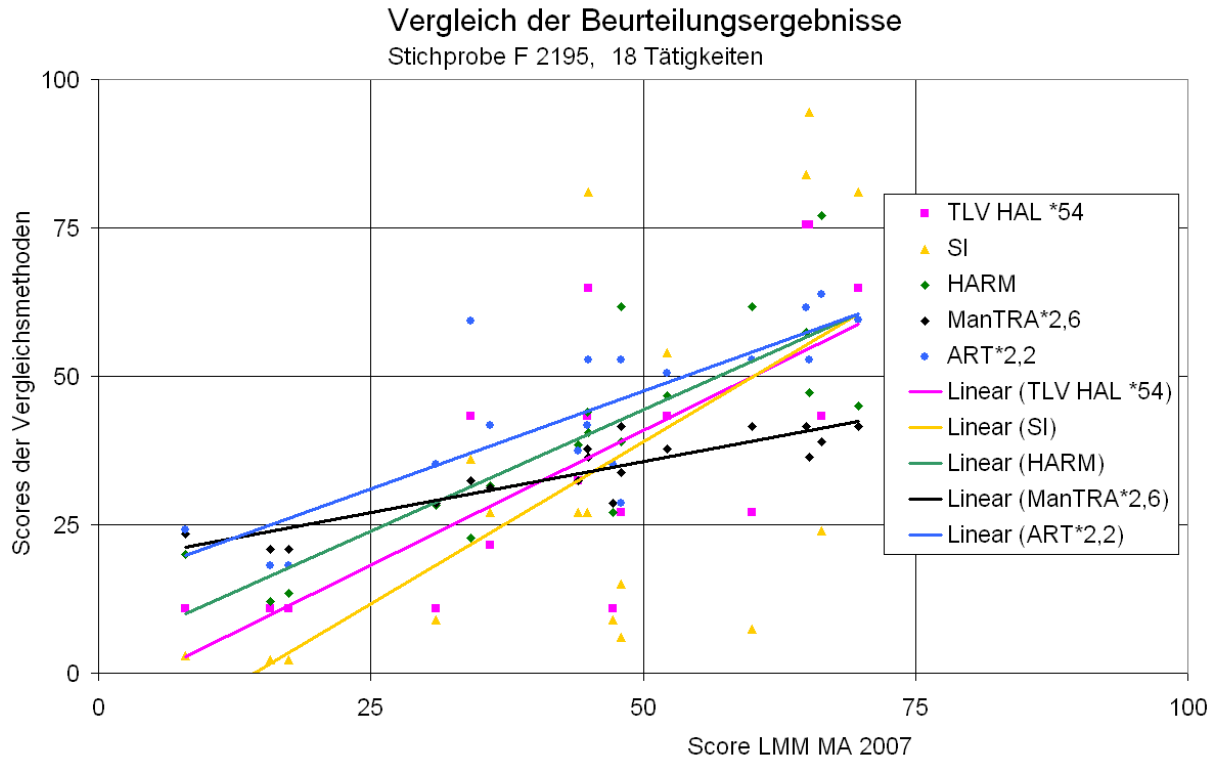


Abb. 4.21 Vergleich der Beurteilungsergebnisse von 18 Tätigkeiten aus dem Forschungsbericht F 2195

Dennoch kann zusammenfassend festgestellt werden, dass mit den betrachteten Methoden ähnliche Beurteilungsergebnisse erzielt werden. Die wissenschaftlichen Begründungen der anderen Methoden können deshalb als Unterstützung für das Beurteilungsmodell der Leitmerkalmethode Manuelle Arbeit gewertet werden.

4.3.5 Resümee

Aufgrund unterschiedlicher Konzeptionen, anderer gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen, erheblichen Erkenntnisdefiziten und differierenden Entwicklungsarbeiten gibt es diese „konkurrierenden“ Methoden. Trotz aller Unterschiedlichkeit haben sie eine gemeinsame Basis, wie der Vergleich der Beurteilungsergebnisse gezeigt hat. Aus diesem Grund bestätigen sie die Konvergenzvalidität der LMM MA. Wie im Abschnitt 4.1 ausführlich dargestellt wird, ist es aus verschiedenen Gründen problematisch, solche Methoden zu validieren. Die Testung der Konvergenzvalidität ist deshalb ein wichtiger Zugangsweg.

Eine eher rhetorische Frage wäre, ob denn die LMM MA entwickelt werden musste, wenn es bereits Methoden gibt, die zu vergleichbaren Ergebnissen führen. Zur Begründung ist anzuführen, dass in der LMM MA etliche methodische Mängel abgestellt werden konnten und die Methode für die Analyse, Bewertung und Gestaltung von manuellen Arbeitsprozessen ausgelegt ist. Die LMM MA besitzt eine Eigenständigkeit, die sich im Gesamtpaket von Methoden zur Gefährdungsbeurteilung bei physischen Belastungen begründet. Während die anderen betrachteten Methoden solitär sind, gibt es passfähige Leitmerkalmethoden zur Beurteilung von Heben, Halten, Tragen und Ziehen, Schieben.

4.4 Ergebnisse der Evaluierung bezüglich der Reliabilität und Objektivität

4.4.1 Durchführung von Untersuchungen zur Reliabilität und Objektivität

In diesem Abschnitt werden die Bewertungsergebnisse mit der LMM MA 2007 aus einer Anwendererprobung mit Praxisanwendern dargestellt. Wie im Abschnitt 3.4.2 bereits beschrieben, wurden hierzu drei Gruppen gebildet, die sich aus Sicherheitsingenieuren (Gruppe A und C) und Sicherheitsbeauftragten (Gruppe B) zusammensetzen. Anhand von Videofilmen wurden von jeder Gruppe jeweils zwei Tätigkeiten mit manuellen Arbeitsprozessen beurteilt. Eine Tätigkeit war gekennzeichnet durch eher höhere Kräfte und geringe Bewegungshäufigkeiten, die andere Tätigkeit durch geringere bis mittlere Kräfte und hohe Bewegungshäufigkeiten. Betrachtet wurden hierbei die Tätigkeiten „Gummi-Labor“, „Formteilherstellung“, „Kunststoffoberflächenfertigung“ und „Sensormontage“, wie sie im Abschnitt 3.1 beschrieben wurden.

Den Gruppen wurde in einer ca. 20minütigen Präsentation zunächst die LMM MA vorgestellt und deren Anwendung anhand eines Videobeispiels erläutert. Danach wurde ihnen ein Video von einer Tätigkeit mit manuellen Arbeitsprozessen gezeigt, die sie mit dem Entwurf der LMM MA aus dem Jahr 2007 bewerten sollten. Dabei wurde das etwa 1minütige Video der Tätigkeit mehrfach abgespielt. Relevante Informationen, die die Anwender nicht aus dem Video entnehmen konnten, wurden beschrieben (z. B. Umgebungsbedingungen, Wiederholungshäufigkeit der betrachteten Normminute). Nach einer kurzen Pause wurde diese Prozedur dann mit einem zweiten Video wiederholt. Die Bewertungen der Tätigkeiten durch die Anwender werden in diesem Abschnitt beschrieben.

Für alle nachfolgenden Darstellungen der Wichtungen gilt, dass mit einem Haken jeweils die „korrekte Kategorie“ angegeben. Dies ist die durch zwei Arbeitswissenschaftler im Vorfeld der Untersuchungen ermittelte Kategorie (Abschn. 3.2.1).

4.4.2 Bestimmung der Zeitwichtung

Es wurde ein etwa 1minütiges Video einer Tätigkeit gezeigt und die Wiederholungshäufigkeit angegeben. Hieraus sollte die Zeitwichtung ermittelt werden (Abb. 4.22).

| 1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung und Informationen zum Arbeitsablauf | | |
|--|--------------|-------------------------------|
| Gesamtdauer dieser Tätigkeit pro Schicht | Zeitwichtung | Zusatzinformationen |
| < 120 min | 1 | <u>Zyklische Tätigkeit</u> |
| 120 - 180 min | 2 | Dauer eines Zyklus |
| 180 - 240 min | 3 | Anzahl der Zyklen pro Schicht |
| 240 - 300 min | 4 | Anteil an Arbeitszeit |
| 300 - 360 min | 5 | Anteil an Arbeitszeit |
| > 360 min | 6 | Anteil an Arbeitszeit |

Entwurf 2007
zur allgemeinen
Praxistestung

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

Abb. 4.22 Tabelle zur Zeitwichtung der LMM MA 2007

Die Ergebnisse der parallel ermittelten Zeitwichtungen sind in Abbildung 4.23 dargestellt.

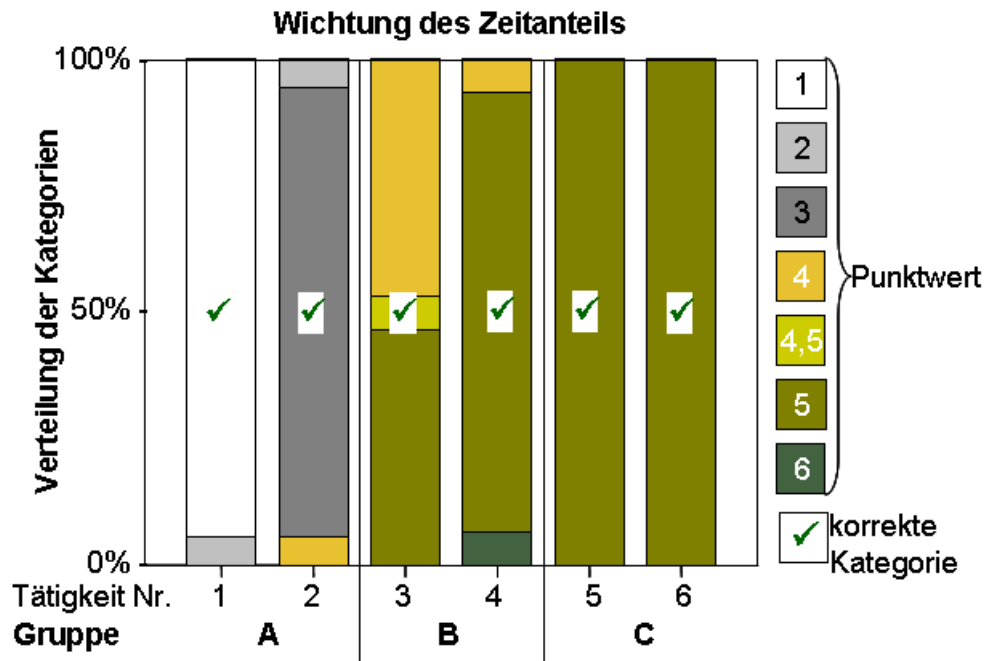


Abb. 4.23 Vergleichende Ergebnisse der Zeitwichtungen. Referenzbewertung: 2 Arbeitswissenschaftler, Gruppen A und C: Sicherheitsingenieure, Gruppe B: Sicherheitsbeauftragte, Beschreibung der Tätigkeiten vgl. Abschnitt 3.1

In nahezu allen Fällen entsprach der Punktwert der Zeitwichtung mehrheitlich der korrekten Kategorie. Lediglich bei der Betrachtung der dritten Tätigkeit gab es Unterschiede. Der Zeitanteil lag hier bei 300 Minuten, also genau auf der Grenze von zwei Wichtungsstufen.

4.4.3 Bestimmung der Wichtung der Art der Kraftausübung

In die Tabelle „Art der Kraftausübung“ war einzutragen, wie häufig, bzw. mit welcher Dauer verschiedene Kräfte in der betrachteten Minute ausgeübt wurden (Abb. 4.24).

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

| Art der Kraftausübung(en) | | Halten | | | Bewegen | | | | |
|---|--|------------------------------|-------|------|---|------|-------|-------|-----|
| | | Wichtung | | | Wichtung | | | | |
| Höhe *) | Beschreibung, typische Beispiele | Haltedauer [Sek. pro Minute] | | | Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | |
| | | 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 Tastenbedienung / 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 Fingerzufassung Halten / Materialführung / Fügen | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| mittel 100 ... 500 g 1 ... 5 N | Fingerzufassung 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 | Handzufassung 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 | - | - |
| hoch 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N | Kraftbetonte Handzufassung Schneiden mit Scheren 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 | - | - | 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.

Abb. 4.24 Tabelle zur Kraftwichtung der LMM MA 2007

Die Ergebnisse der parallel ermittelten Kraftwichtungen sind in Abbildung 4.25 dargestellt.

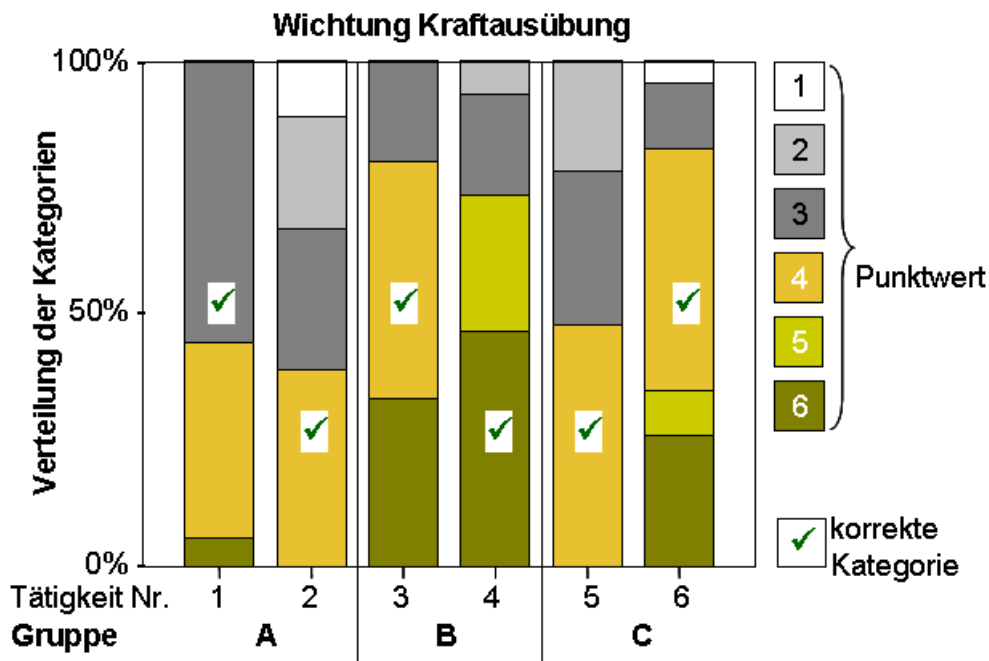


Abb. 4.25 Vergleichende Ergebnisse der Kraftwichtungen. Referenzbewertung: 2 Arbeitswissenschaftler, Gruppen A und C: Sicherheitsingenieure, Gruppe B: Sicherheitsbeauftragte, Beschreibung der Tätigkeiten vgl. Abschnitt 3.1

Für die Auswertung betrachtet wurde jeweils der höchste eingetragene Wert. Etwa die Hälfte der Anwender wählte die korrekte Wichtung. Ein weiteres Drittel war nur einen Punkt von der „korrekten Kategorie“ entfernt.

4.4.4 Bestimmung der Wichtung der Arbeitsorganisation

Bei diesem Leitmerkmal sollten die Anwender die Qualität der Arbeitsorganisation einschätzen (Abb. 4.26).

| 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 |
| | 1 |

Abb. 4.26 Tabelle zur Wichtung der Arbeitsorganisation der LMM MA 2007

Die Ergebnisse der parallel ermittelten Wichtungen der Arbeitsorganisation sind in Abbildung 4.27 dargestellt.

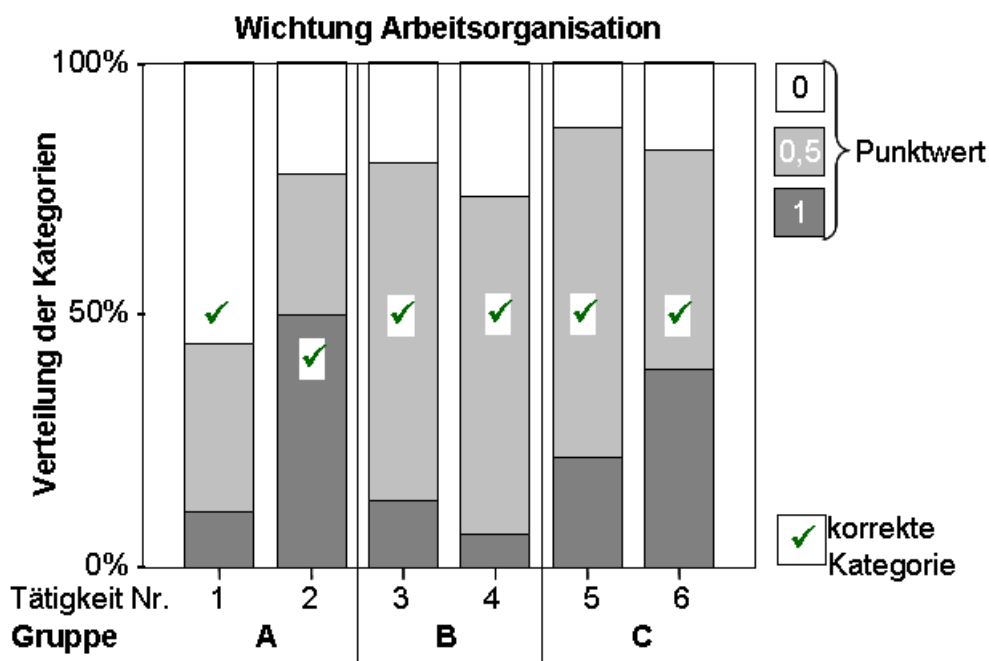


Abb. 4.27 Vergleichende Ergebnisse der Wichtung der Arbeitsorganisation. Referenzbewertung: 2 Arbeitswissenschaftler, Gruppen A und C: Sicherheitsingenieure, Gruppe B: Sicherheitsbeauftragte, Beschreibung der Tätigkeiten vgl. Abschnitt 3.1

Etwa die Hälfte der Anwender wählte die gleiche Kategorie wie die Arbeitswissenschaftler (Haken). Da hier nur drei Wichtungsklassen vorgegeben waren, war die Varianz erwartungsgemäß gering.

Der Begriff „Taktbindung“ wurde von den Anwendern unterschiedlich interpretiert und daher als teilweise als verwirrend empfunden.

4.4.5 Bestimmung der Wichtigkeit der Ausführungsbedingungen

Bei diesem Leitmerkmal sollten die Anwender die Qualität der Ausführungsbedingungen einschätzen (Abb. 4.28).

| Ausführungsbedingungen | Wichtigkeit |
|--|-------------|
| Gut: sichere Detaillierbarkeit/ keine Blendung / gute klimatische Bedingungen / keine Behinderung der Bewegungsfreiheit / Bedien- und Anzeigeelemente im günstigen Bereich / gute Greifbarkeit | 0 |
| Eingeschränkt: erschwerte Detaillierbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Verschmutzung / Konzentrationsstörungen 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 Wichtigkeit 2 vergeben werden.

Abb. 4.28 Tabelle zur Wichtigkeit der Ausführungsbedingungen LMM MA 2007

Die Ergebnisse der parallel ermittelten Wichtigkeiten der Ausführungsbedingungen sind in Abbildung 4.29 dargestellt.

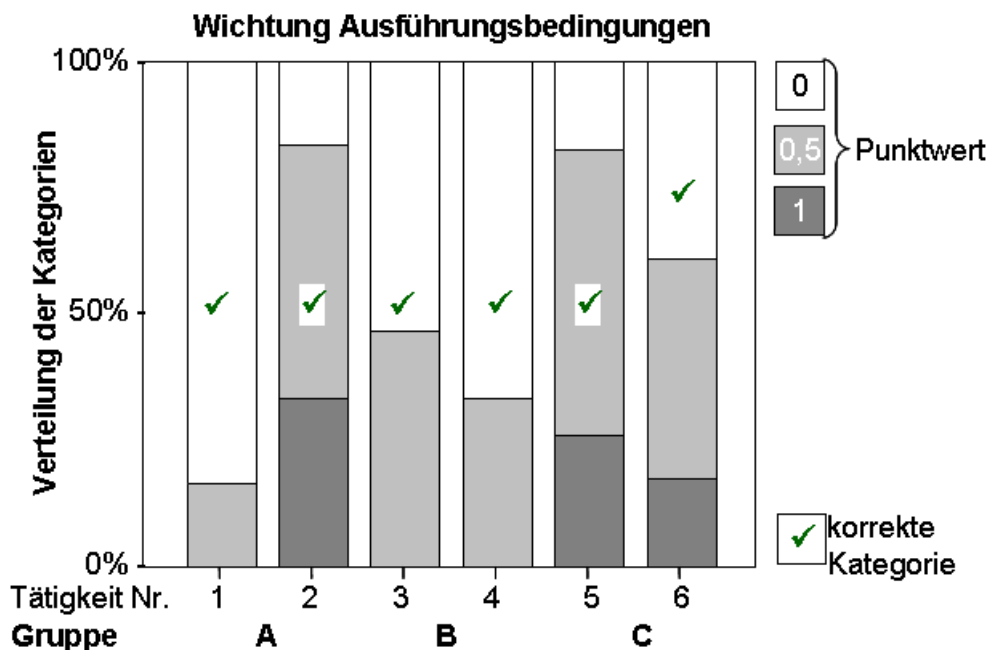





Abb. 4.29 Vergleichende Ergebnisse der Wichtigkeit der Ausführungsbedingungen. Referenzbewertung: 2 Arbeitswissenschaftler, Gruppen A und C: Sicherheitsingenieure, Gruppe B: Sicherheitsbeauftragte, Beschreibung der Tätigkeiten vgl. Abschnitt 3.1

Wie auch bei der Bewertung der Arbeitsorganisation wählte etwa die Hälfte der Anwender die gleiche Kategorie wie die Arbeitswissenschaftler (Haken). Auch hier gab es insgesamt eine geringe Varianz, da auch hier nur drei Wichtigkeitsklassen (bzw. eine zusätzlich etwas versteckte vierte Wichtigkeitsklasse) existieren.

4.4.6 Bestimmung der Wichtigkeit der Körperhaltung

Bei diesem Leitmerkmal sollten die Anwender die typische Körperhaltung während des Arbeitsvorgangs ermitteln (Abb. 4.30).

| Körperhaltung **) | Wichtung |
|--|----------|
|  <p>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</p> | 0 |
|  <p>Eingeschränkt: 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 |
|  <p>Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung</p> | 2 |
| | 3 |
| | 4 |

¹ Es ist die typische Körperhaltung zu berücksichtigen. Gelegentliche Abweichungen können vernachlässigt werden.

Abb. 4.30 Tabelle zur Wichtung der Körperhaltung LMM MA 2007

Die Ergebnisse der parallel ermittelten Wichtungen der Körperhaltungen sind in Abbildung 4.31 dargestellt.

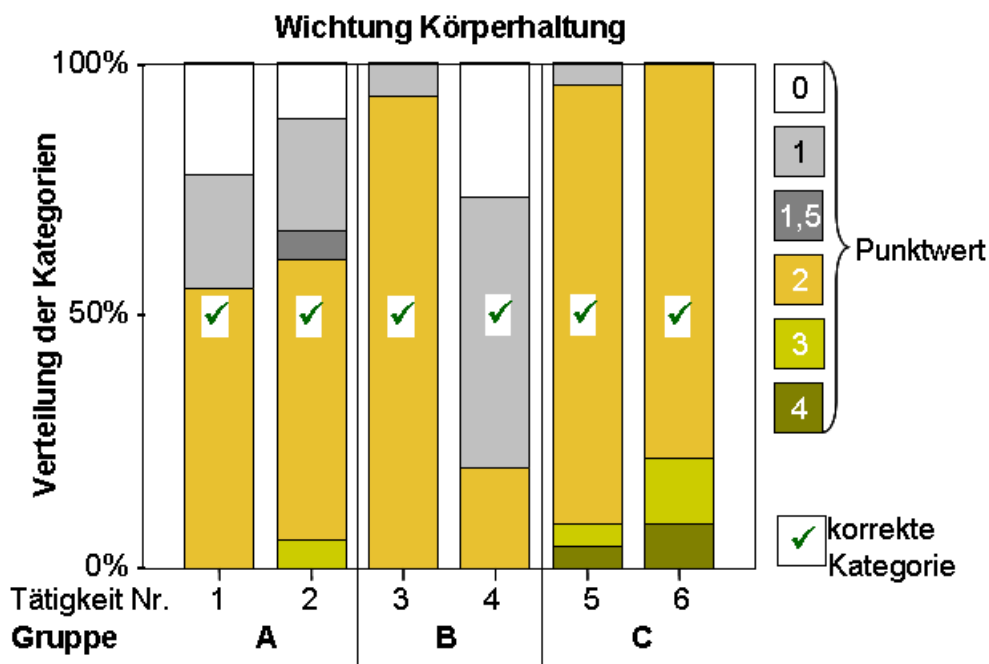





Abb. 4.31 Vergleichende Ergebnisse der Wichtung der Körperhaltung. Referenzbewertung: 2 Arbeitswissenschaftler, Gruppen A und C: Sicherheitsingenieure, Gruppe B: Sicherheitsbeauftragte, Beschreibung der Tätigkeiten vgl. Abschnitt 3.1

Die Bewertung der typischen Körperhaltung wurde von etwa $\frac{2}{3}$ der Anwender korrekt eingeschätzt. Allerdings gab es von einigen wenigen Anwendern auch erhebliche Abweichungen um bis zu 2 Punkte.

4.4.7 Bestimmung der Wichtung der Hand-/Armstellung und -bewegung

Bei diesem Leitmerkmal sollten die Anwender die typische Hand-/Armstellungen während des Arbeitsvorgangs ermitteln (Abb. 4.32).

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

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

Abb. 4.32 Tabelle zur Wichtung der Hand-/Armstellung LMM MA 2007

Die Ergebnisse der parallel ermittelten Wichtungen der Hand-/Armstellung sind in Abbildung 4.33 dargestellt.

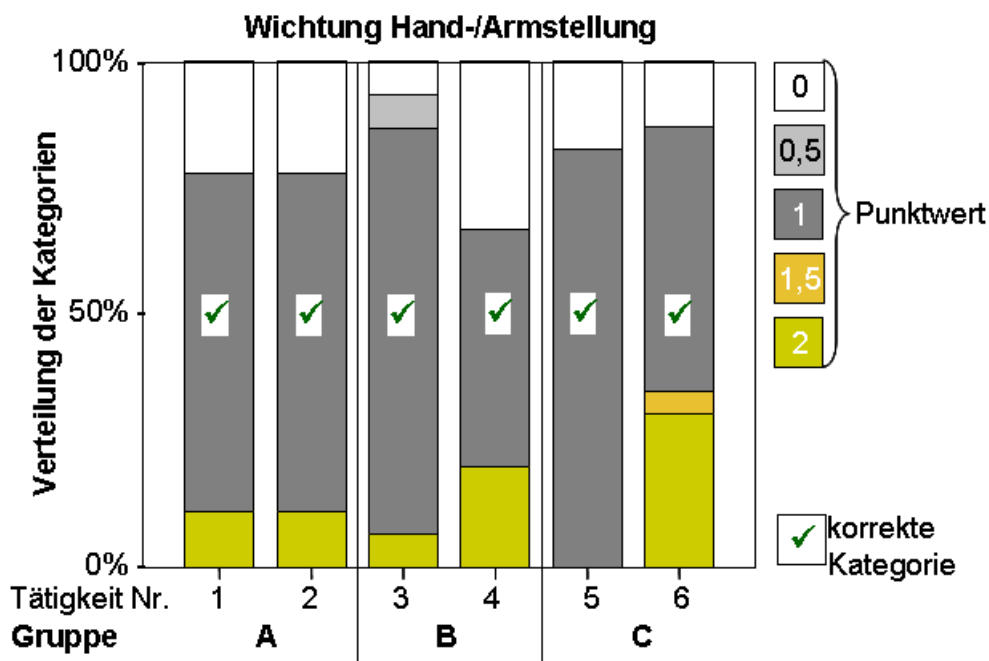


Abb. 4.33 Vergleichende Ergebnisse der Wichtung der Hand-/Armstellung und -Bewegung. Referenzbewertung: 2 Arbeitswissenschaftler, Gruppen A und C: Sicherheitsingenieure, Gruppe B: Sicherheitsbeauftragte, Beschreibung der Tätigkeiten vgl. Abschnitt 3.1

Die Übereinstimmung der Bewertungen der Anwender mit denen der Arbeitswissenschaftler lag bei diesem Leitmerkmal bei ca. 60 %.

4.4.8 Berechnung des Gesamtscores

Nachdem alle Merkmale gewichtet wurden, war es erforderlich, die Wichtungspunkte zu einem Gesamtscore zu berechnen (Abb. 4.34).

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 |

Abb. 4.34 Berechnung des Gesamt-Punktwertes LMM MA 2007

Die Ergebnisse der parallel ermittelten Gesamtpunktwerte sind in Abbildung 4.35 dargestellt.

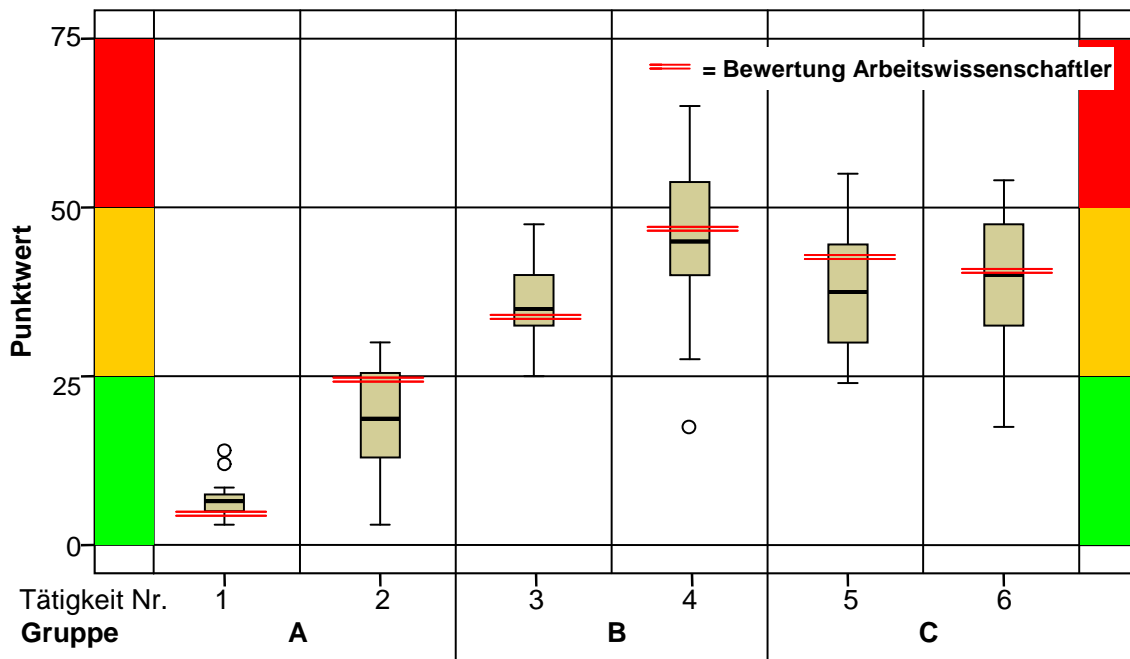


Abb. 4.35 Vergleichende Ergebnisse der Berechnung des Gesamtscores. Dargestellt sind die Verteilungen der Bewerter in Form von Boxplots. Der schwarze Balken innerhalb des Kastens ist der Median, der obere und untere Rand des Kastens sind das 25. bzw. 75. Quartil, die Fühler bilden das 95 %-Konfidenzintervall.

4.4.9 Bewertung der Tätigkeit

Zum Abschluss der Methodenanwendung wurden die Anwender gebeten, den Gesamtpunktwert zu ermitteln und den vier Risikobereichen zuzuordnen (Abb. 4.36).


| 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. |

Abb. 4.36 Tabelle zur Einstufung in Risikobereiche LMM MA 2007

Die Ergebnisse der parallel ermittelten Einstufungen sind in Abbildung 4.37 dargestellt.

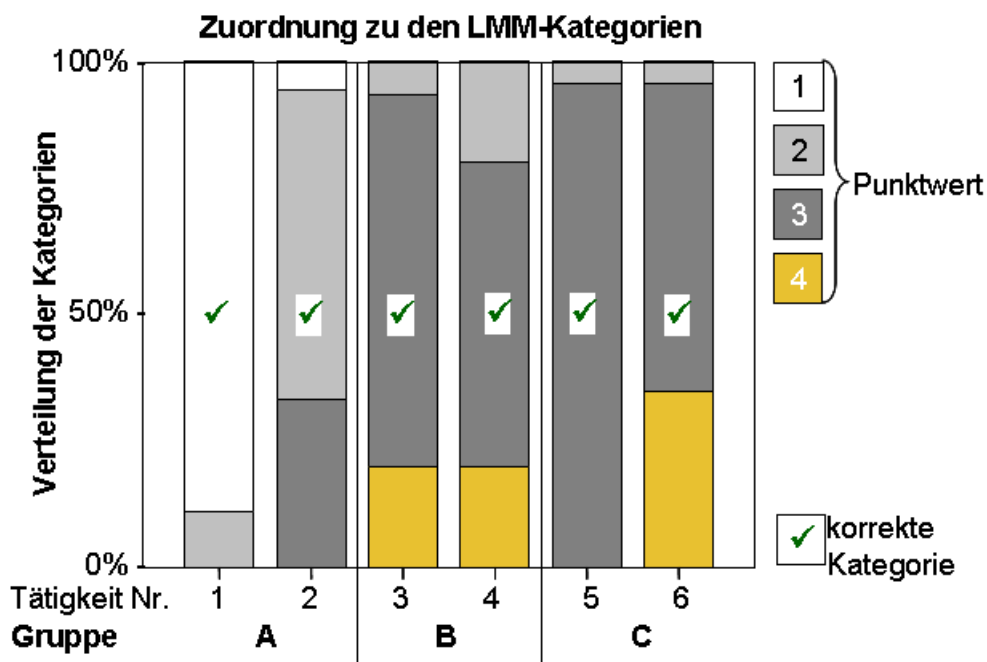


Abb. 4.37 Vergleichende Ergebnisse der Bewertung der Tätigkeit. Referenzbewertung: 2 Arbeitswissenschaftler, Gruppen A und C: Sicherheitsingenieure, Gruppe B: Sicherheitsbeauftragte, Beschreibung der Tätigkeiten vgl. Abschnitt 3.1

In der Gesamtbewertung der Tätigkeit entfielen durchschnittlich $\frac{2}{3}$ der Bewertungen auf die Kategorie (Risikobereich), die auch die Arbeitswissenschaftler ermittelt hatten. In nur sehr wenigen Fällen wurde die Tätigkeit unterbewertet. Die größten Abweichungen ergaben sich durch die abweichende Einschätzung der Kräfte und der

Körperhaltung sowie zu einem geringeren Anteil auch die abweichende Einschätzung der Hand-/Armstellung.

4.4.10 Zusammenfassende Einschätzung zur Reliabilität und Objektivität

Anhand dieser Ergebnisse kann die Interraterreliabilität und die Objektivität insgesamt als moderat bewertet werden. Allerdings muss dabei auf die methodischen Begrenzungen des gewählten Verfahrens und die grundsätzlichen Probleme einer Reliabilitätstestung bei einem solch komplexen Ansatz wie der LMM MA hingewiesen werden. Diese kritischen Anmerkungen betreffen aber alle Methoden zur Gefährdungsbeurteilung (DENIS et al., 2000). Eine hohe Reliabilität setzt immer auch eine hohe Anwenderdisziplin voraus. Bei weiter laufendem Tagesgeschäft im betrieblichen Alltag ist das eine kaum erfüllbare Voraussetzung. Eine Verlagerung in das Labor wäre denkbar, aber aus Gründen der häufig fehlenden Kapazität der erfahrenen Betriebspraktiker und der unzureichenden Eignung von praxisfernen Wissenschaftlern als Teilnehmer solcher Testungen nicht sinnvoll. Außerdem lassen sich die komplexen Betriebsbedingungen nicht in ein Labor verschieben ohne wichtige Kofaktoren „wegzuschneiden“. Die in der Studie von TAKALA et al. (2010) dargestellten Lücken bei der Methodenevaluation haben ihre Ursachen in diesem Problemfeld.

Eine weitere Quelle für ungenaue Datenerhebung liegt in der Methode der Beobachtung. Auch wenn mit Hilfe von mehrfachen und/oder zeitgedehnten Abspielungen die Fehlerquote eingeengt werden kann, bleibt die prinzipielle Kritik an den Beobachtungsmethoden gültig. SPIELHOLZ et al. (2001), JONES und KUMAR (2007), CHEN und HWANG (2009) u. a. haben in Studien immer erhebliche Abweichungen zwischen Messungen und Beobachtungen gefunden und damit die Beobachtung als die ungenauere Methode eingestuft. Nach Abschluss der Evaluation und Reliabilitätstestung ist diese Aussage aber zu relativieren. Richtig ist, dass das Messen von metrischen Größen immer genauer ist als beobachten. Allerdings sind die zu messenden Größen („Messgrößen“) bei den manuellen Arbeitsprozessen nur näherungsweise zu definieren. So setzen sich z. B. die Kräfte aus Aktions-, Koppel- und Haltekräften, jeweils in drei Dimensionen zusammen und die Bewegungsgeschwindigkeit bzw. -häufigkeiten sind komplex und meist ohne eindeutigen Anfang und Ende. Für den stark vereinfachten Ansatz des Hand-Activity-Levels HAL, der nur pauschal Krafthöhe und Bewegungsaktivität erfasst, die indirekt über Oberflächen-EMG ermittelt werden (CHEN und HWANG, 2009), ist die Messgröße hinreichend genau bestimmt. Für genauere Kraftermittlungen wie z. B. bei OCRA (MOTMANS et al., 2009), wurden ebenfalls EMG-Messungen eingesetzt. Das Verhältnis Ist-EMG zu MVC-EMG liefert personenbezogene Daten zur Ermittlung der Borg-Werte (Abschn. 4.2). Allerdings erfordert das einen hohen messtechnischen Aufwand, der nur für spezielle Fragestellungen anwendbar ist und unter Berücksichtigung der ungenauen Messgrößen und unvollständigen Messmöglichkeiten ein fragliches Ergebnis liefert. Nicht metrische Merkmale wie z. B. Kraftübertragung oder arbeitsorganisatorische Aspekte müssen ohnehin abgeschätzt werden. Unter diesen Bedingungen erscheint ein ungenaues aber ausgewogenes „Integralmaß“ eines sorgfältigen Beobachters ein angemessener Zugangsweg zu sein.

4.5 Evaluierung bezüglich der Anwendbarkeit

4.5.1 Anwenderinteresse

Der Entwurf der LMM MA wurde im Jahr 2007 zur Breitereprobung veröffentlicht. Aufgrund der gemeinsamen Entwicklungsarbeiten mit zahlreichen Anwendern war er teilweise schon vor der Veröffentlichung bekannt und wurde in der Folgezeit u. a. für die betriebliche Gefährdungsbeurteilung eingesetzt. Aber auch bei den nicht an der Entwicklung beteiligten Anwendern ist das Interesse an dieser Methode bis heute anhaltend hoch. Die LMM MA Formblätter und die Handlungsanleitung wurden im Zeitraum von März 2010 bis September 2011 von der Webseite der BAuA 11.969-mal heruntergeladen. Im Zeitraum von der Erstveröffentlichung im Jahr 2008 wurde die Broschüre "Manuelle Arbeit ohne Schaden" über 9.000-mal heruntergeladen (2008: 1.985, 2009: 2.489, 2010: 1.946, 2011: 2.500) sowie in zwei Auflagen 10.000-mal als Broschüre gedruckt.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass auch der Forschungsbericht „F 1994 Leitmerkmal-methode Manuelle Arbeitsprozesse“ in diesem Zeitraum insgesamt mehr als 12.000-mal heruntergeladen wurde (2008: 3.849, 2009: 3.328, 2010: 3.027, 2011: 1.879), obwohl dieser doch eher an Wissenschaftler als an Praxisanwender gerichtet ist.

Alle potenziellen Nutzer waren aufgefordert, die Methode hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit kritisch zu testen und ihre Erfahrungen, Probleme und Vorschläge an die Methodenentwickler weiterzuleiten. Dieser Aufforderung kamen sehr viele Anwender nach. Es gab eine intensive Kommunikation mit den Entwicklern.

4.5.2 Generelle Fragen der Anwendbarkeit der Methode

Die Anwendbarkeit der LMM MA wurde durch mehrere methodische Ansätze getestet. Ein wesentlicher Aspekt war die Testung der Reliabilität und Objektivität, wie sie im Abschnitt 4.3 beschrieben wird.

Weitere grundsätzliche Aspekte der Akzeptanz aus der Anwendersicht waren folgende Fragen:

- Ist die Methode für die genannte Zielstellung geeignet?
- Entspricht die Merkmalauswahl den Bedingungen in der betrieblichen Praxis und werden Art und Höhe der physischen Belastung adäquat abgebildet?
- Ist die LMM MA verständlich, entspricht die Begrifflichkeit den Bedingungen in der betrieblichen Praxis?
- Sind die Beurteilungsergebnisse erfahrungsergonomisch plausibel und betriebswirtschaftlich akzeptabel?
- Wo gibt es Verständnisprobleme und offene Fragen bei der konkreten Arbeitsplatzbeurteilung?

Ein wichtiger Aspekt aus methodologischer Sicht war zudem die Frage:

Ist die Bildung eines Gesamtscores aufgrund der unterschiedlichen Einzelmerkmale und deren Wirkungen erlaubt?

Die genannten Fragestellungen wurden im Rahmen der Evaluierung der Methode aufgegriffen. Die Ergebnisse sind in die LMM MA 2011 sowie deren Handlungsanleitungen eingeflossen und werden im Abschnitt 6 dargestellt.

4.5.3 Spezifische Fragen zur Anwendbarkeit der Methode

Insgesamt gab es zum Entwurf der LMM MA eine breite Zustimmung, sowohl hinsichtlich der Notwendigkeit einer solchen Beurteilungsmethode für manuelle Arbeitsprozesse als auch zum Methodenentwurf. Bei Anwendern, die bereits mit den LMM HHT und ZS arbeiten und insbesondere bei Anwendern aus dem Bereich der Arbeitssystemgestaltung/Arbeitsplanung war die Akzeptanz besonders hoch. Anmerkungen und Fragen gab es im Zusammenhang mit

- der Definition des Anwendungsbereiches,
- den Begriffsüberschneidungen zum Tarifrecht und zur Arbeitsplanung,
- der Überschneidungen zu anderen Formen der physischen Belastung,
- methodischen Details und
- der langen Laufzeit der Validierung.

4.5.3.1 Anwenderfragen und kritische Anmerkungen im Detail

Zur Aufgliederung in Teiltätigkeiten

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

| |
|--|
| |
|--|

Abb. 4.38 Definition des Geltungsbereiches der Beurteilung LMM MA 2007

Die LMM MA bezieht sich immer auf „Teiltätigkeiten“. Es soll demzufolge immer die personenunabhängige Belastung einer Teiltätigkeit ermittelt werden. Wenn es nur eine Teiltätigkeit gab, die über die gesamte Schichtzeit ausgeführt wurde, gab es kaum Probleme.

Wechselten jedoch die Tätigkeiten, entstanden Unklarheiten. Für den Praktiker ist es vorrangig, personenbezogene Gesamtbeurteilungen vorzunehmen. Insbesondere bei regelmäßigem und auftragsbezogenem Tätigkeitswechsel blieben Fragen offen, da die LMM MA 2007 keinen Algorithmus zur Zusammenfassung anbietet. Ein Problem hierbei war die Entscheidung, ob die Gesamttätigkeit zu gliedern ist, und wenn ja, wie? Dazu muss der Beurteiler eine überschlägige Arbeitsanalyse vorzunehmen. Es muss konkret die Frage entschieden werden, ob es eine oder mehrere Teiltätigkeiten mit unterschiedlichen körperlichen Belastungen gibt. Hierbei ergaben sich zwei Probleme. Das waren die Differenzierung von „unterschiedlichen körperlichen Belastungen“ und die möglichen Auswirkungen auf die Gesamtbeurteilung. Eine Aufgliederung in mehrere Teiltätigkeiten bedeutet aufgrund der geringeren Zeitwichtung immer eine Verringerung der jeweiligen Punkte. Im Ergebnis stehen mehrere geringere Punktwerte nebeneinander. Da die LMM MA keinen Algorithmus zur Zusammenfassung vorgab, entwickelten einige Anwender eigene Varianten z. B. wie Bildung eines arithmetischen Mittelwertes oder Addition von mehreren Gesamtpunkten. Im Sinne des methodischen Konzepts der LMM MA wäre eine zeitgewichtete Mittelung anzuwenden, konnte aufgrund fehlender Erfahrungen jedoch nicht empfohlen werden.

Die hier dargestellten Probleme beziehen sich nicht nur auf die LMM MA. Auch die anderen „konkurrierenden“ Methoden beziehen sich auf die Screeningbeurteilung einer Tätigkeit und präzisieren diese nicht weiter. Der Bezug ist dabei meist die Ar-

beitsaufgabe (task). Ein Algorithmus zur Zusammenfassung unterschiedlicher Arbeitsaufgaben wird nur bei dem System OCRA angeboten, allerdings nicht in der Checklist-Version sondern als Expertenscreening für Detailanalysen und Arbeitssystemgestalter.

Zur Zeitwichtung

| Gesamtdauer dieser Tätigkeit pro Schicht | Zeitwichtung | Zusatzinformationen | |
|--|--------------|----------------------------------|---|
| < 120 min | 1 | <i>Zyklische Tätigkeit</i> | |
| | | Dauer eines Zyklus | |
| 120 - 180 min | 2 | Anzahl der Zyklen pro Schicht | |
| | | Anteil an Arbeitszeit | % |
| 180 - 240 min | 3 | oder | |
| | | <i>Kontinuierliche Tätigkeit</i> | |
| 240 - 300 min | 4 | Anteil an Arbeitszeit | |
| | | | % |
| 300 - 360 min | 5 | | |
| | | | % |
| > 360 min | 6 | | |

Abb. 4.39 Tabelle zur Zeitwichtung LMM MA 2007

Zur Zeitwichtung gab es Anmerkungen und Fragen zur Skalierung, zu den Bestandteilen „dieser Tätigkeit“ und zur Notwendigkeit der „Zusatzinformationen“.

Von einigen Anwendern wurde bemängelt, dass die nichtlineare Skalierung der Zeitwichtung zu wenig differenziert. Sowohl im unteren (<2 h) als auch im oberen Skalenbereich (>6 h) gibt es damit keine Möglichkeit zur Beeinflussung des Beurteilungsergebnisses durch geänderte Arbeitszeitgestaltung. Verstärkt wird diese Kritik dadurch, dass es auch Tätigkeitsdauern gibt, die technologisch begründet erheblich über 8 Stunden liegen.

In der Handlungsanleitung zur LMM MA 2007 steht: „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.“ Diese Hinweise erwiesen sich mitunter als unzureichend. Er ergaben sich Unklarheiten, wie ergänzende Tätigkeiten (z. B. Heben oder Rüst- und Verteilzeiten) zu berücksichtigen sind.

Die Zusatzinformationen zu Art der Tätigkeit (zyklisch oder kontinuierlich) erwiesen sich oft als schwierig und wenig hilfreich. Die Ermittlung des Zyklus (technologische Abgrenzung) und deren Länge erfordern genauere Kenntnisse des Arbeitsprozesses, über die viele Anwender nicht verfügen. Diese Feststellung ergänzt und bestätigt die Ergebnisse der Vorerprobung aus dem Projekt F 1994: „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. 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 im letzten Satz formulierte Nützlichkeit der Erhebung erwies sich als nicht praxisnah. Da diese Zusatzinformationen nicht weiter verwendet werden, stellten viele Anwender die Frage nach der Notwendigkeit.

Zur Wichtung der Kraftausübung

| 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 | | |
| Höhe *) | | Beschreibung, typische Beispiele | | Wichtung | | | Wichtung | | | | |
| sehr gering < 20 g < 0,2 N | Ausübung von leichtem Druck durch Finger Tastenbedienung / 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 Fingerzufassung Halten / Materialführung / Fügen | | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | |
| mittel 100 ... 500 g 1 ... 5 N | Fingerzufassung 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 | Handzufassung 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 | - | - | |
| hoch 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N | Kraftbetonte Handzufassung Schneiden mit Scheren 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 | | - | - | 7 | 5 | 7 | - | - | - | |
| | Schlagen mit Handfläche oder Faust | | - | - | - | 3 | 4 | 6 | 8 | - | |

Abb. 4.40 Tabelle zur Wichtung der Kraftausübung LMM MA 2007

Die Tabelle zur Wichtung der Kraftausübung wurde aufgrund seiner Komplexität bei der Entwicklung als methodischer Engpass eingeschätzt. In den Reaktionen und Anfragen der Anwender bestätigte sich dies jedoch nur in geringem Umfang. Zum Grundsystem dieser Matrix gab es fast keine gegenteiligen Standpunkte. Die Anmerkungen beziehen sich auf konkrete Aspekte und Fragen zur Definition von Bewegung und Krafthöhe, zum Algorithmus der Ermittlung der Höhe der Kraftwichtung und zu fehlenden Bereichen.

Die Frage nach der Definition der Bewegungshäufigkeiten (Was ist eine Bewegung, wie wird gezählt?) wurde häufiger gestellt. Ursache dafür ist, dass die einfache Aneinanderreihung von einzelnen technischen Aktionen praktisch selten vorkommt. Meist sind fließende, ineinanderübergehende Bewegungsabläufe vorhanden. Hier eine Trennlinie zu ziehen, wann eine Aktion abgeschlossen ist und die nächste beginnt, ist „vor-Ort“ schwierig. Unklarheiten bestehen u. a. auch bei zyklisch ablaufenden Bewegungen, die zu einer Aktion gehören. So stellt sich beispielsweise die Frage, wie das Wickeln einer Spule zu zählen ist: Sind es 12 Einzelwicklungen je 0,5 sec oder ein Gesamtwickeln mit 6 sec?

Die Zahlenangabe in Newton ist für viele Anwender wenig hilfreich. Die Aktionskräfte können in den meisten Fällen nicht gemessen werden, ein Gefühl für die Krafthöhe gibt es nicht. Lediglich beim Handhaben von Teilen mit einem bekannten Lastgewicht wäre dies Angabe hilfreich, allerdings auch nur bei langsamen Bewegungen, da ansonsten noch unbekannte Beschleunigungskräfte hinzugerechnet werden müssten. Bemängelt wurde in diesem Zusammenhang auch, dass die Beschreibungen nicht immer mit den Krafthöhen korrespondieren.

Der zur Ermittlung der repräsentativen „Normminute“ erforderliche Analysenaufwand wurde als problematisch angesprochen, in Hinsicht auf die Notwendigkeit einer erforderlichen Repräsentativität der Beurteilung aber weitgehend akzeptiert. Erhebliche

Kritik gab es zum Algorithmus der Ermittlung der Höhe der Kraftwichtung. Die Verwendung von Maximalwerten führt zu ungerechtfertigter Bewertung und verhindert die Verringerung des Gesamtscores durch Detailverbesserung. Als geeigneter werden hier Mittelwerte vorgeschlagen.

Das dritte Themenfeld der Anmerkungen zur Zeitwichtung betrifft Lücken. Es wurde bemängelt, dass Rechts/Links-Unterschiede nicht verrechnet werden können und dass es durchaus Fälle von Kraftausübungen gibt, die in den mit „ - „ gekennzeichneten Feldern liegen, wie beispielsweise Schneiden mit Scheren oder Messer von sehr festem Material häufiger 45-mal pro Minute. Als nicht ausreichend wurde auch die Begrenzung der maximalen Krafthöhe auf 50 N angesehen. Im Bereich der manuellen Arbeitsprozesse gibt es zahlreiche Aktionen mit deutlich höheren Kräften, wie beispielsweise das Zusammendrücken von Gehäusen, das Eindrücken von Klipsen oder das Verschrauben von Bauteilen.

Zur Wichtung der Arbeitsorganisation

| 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 |
| | 1 |

Abb. 4.41 Tabelle zur Wichtung der Arbeitsorganisation LMM MA 2007

Die vergleichsweise kleine Tabelle mit der schlagwortartigen Merkmalbeschreibung und dem schmalen Wichtungsbereich von 0 bis 1 führte bei den Anwendern trotz der zusammengefassten Ziele in der Handlungsanleitung zu erheblichen Unklarheiten. Zur Konkretisierung steht in der Handlungsanleitung: „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.“ Es zeigten sich mehrere Gründe dafür, dass diese Wichtung der Arbeitsorganisation problembehaftet ist. Das sind die für den Anwender die nicht eindeutigen Begriffe, die fehlende Unterstützung bei der logischen Verknüpfung, der enge Bezug zur Arbeitsleistung und zum Tariffrecht sowie fehlende Merkmale.

Die Begriffe „Handlungsspielraum“, „Arbeitsablauf beeinflussbar“ und „enge Taktbindung“ waren lediglich als erläuternde Umschreibung gedacht, führten aber aufgrund der jeweiligen Definitionen und Verwendungsbereiche zu Verständnisschwierigkeiten bei den Anwendern. So wurde der Begriff „Handlungsspielraum“ im arbeitspsychologischen Kontext interpretiert und der Begriff „enge Taktbindung“ im technologischen Kontext im engen Bezug zur Arbeitssystemgestaltung verstanden und dementsprechend eng ausgelegt. Unklar war für etliche Anwender auch was „wenige Einzelbewegungen pro Zyklus“ sind und was sie für die Wichtung bedeuten. Hinterfragt wurde auch der Zusammenhang der „engen Taktbindung“ zur Verhinderung von individuellen Kurzpausen. Hier wurde darauf verwiesen, dass eine optimale Austaktung immer auch Erholzeiten berücksichtigt, sofern sie nach den Regeln der Arbeitsplanung ausgelegt wurden.

Da die einzelnen erläuternden Merkmale nur mit einem „/“ getrennt sind, stellt sich die Frage nach der Regel für die logische Verknüpfung. Konkret wurde nachgefragt, wie viele der genannten Merkmale zutreffen müssen, damit eine 0,5 oder 1 vergeben

wird. Von anderen Anwendern wurde angemerkt, dass die Wichtung bei den genannten Kriterien bei industriellen Arbeitsplätzen mit manuellen Arbeitsprozessen typischerweise immer bei 0,5-1 liegen müssten und ob es überhaupt die Möglichkeit gibt, eine 0 zu erreichen.

Mehrere Anmerkungen gab es zu fehlenden Merkmalen und zu verknüpften Verbindungen. Das Merkmal „Akkordentlohnung“ wurde von mehreren Anwendern als wichtiger Indikator für eine erhöhte Arbeitsintensität vermisst. Andererseits stellte sich die Frage, ob „hohes Arbeitstempo“ nicht bereits mit der Erfassung durch hohe Häufigkeit pro Minute hinreichend berücksichtigt ist.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Fragen und Anmerkungen teilweise kontrovers waren, der größere Teil der Anwender jedoch keine Probleme hatte. Alle Kommentare enthielten jedoch die Bitte nach umfangreicheren Erläuterungen, möglichst mit Referenzbeispielen.

Im Zusammenhang mit den konkurrierenden Methoden (Abschn. 4.2) ist ergänzend festzustellen, dass die Arbeitsleistung, deren Beeinflussbarkeit, die Möglichkeit eines Belastungswechsels und die Austaktung nur in der LMM MA explizit angeführt sind. In OCRA CL werden das Einzelmerkmal „Erholzeit“ und bei SI und ART die „Arbeitsgeschwindigkeit“ erfasst. Das Merkmal „Intensität der Bewegung“ wird in allen Methoden über die Bewegungshäufigkeit bzw. Arbeitsgeschwindigkeit abgebildet.

Zur Wichtung der Ausführungsbedingungen

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

Abb. 4.42 Tabelle zur Wichtung der Ausführungsbedingungen LMM MA 2007

Zur Wichtung der Ausführungsbedingungen gab es im Wesentlichen drei Anmerkungen.

Ein Fragekomplex bezog sich analog zur Wichtung der Arbeitsorganisation darauf, wie viele der genannten Einzelmerkmale zutreffen müssen, damit eine 0,5 oder 1 vergeben wird.

Der zweite Fragekomplex bezog sich auf das Merkmal „Greifbarkeit“. Die Beurteilung der Greifbarkeit wurde häufig als schwierig eingeschätzt. Dabei wurde der Zusammenhang zu Handschuhen, fehlenden Handgriffen und zu möglichen Formen der Kraftübertragung hinterfragt. Auch hier wurde die Bitte nach umfangreicheren Erläuterungen, möglichst mit Referenzbeispielen, geäußert.

Gelegentliche Anmerkungen gab es zu den Einzelmerkmalen, die im Zusammenhang mit der Arbeitsumwelt stehen. Der Hinweis in der Handlungsanleitung, „Mit dieser Wichtung werden nur die Merkmale der Arbeitsumgebung berücksichtigt, die die Arbeitsausführung behindern und zu einer erhöhten Anspannung führen.“ wurde weit ausgelegt und auf arbeitshygienische Gefährdungsbeurteilungen ausgedehnt.

Zur Wichtung der Körperhaltung und der Hand-/Armstellung

| 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 vorgeneigt und/oder leicht verdreht / stärkere Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / Kopfhaltung zur Detailerkennung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Sitzen oder Stehen ohne Gehen | 1 |
|  | Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfnäigung oder -verdrehung | 2 |
|  | Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfnäigung oder -verdrehung | 3 |
|  | Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfnäigung oder -verdrehung | 4 |
| Hand-/Armstellung und -Bewegung **) | | Wichtung |
|  | Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur gelegentliche Abweichungen / überwiegend körpernahe Armhaltung / nur gelegentliches Greifen über 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 |

Abb. 4.43 Tabellen zur Wichtung der Körperhaltung und der Hand-/Armstellung
LMM MA 2007

Zu diesen Wichtungen gab es nur wenige Anmerkungen. Schwerpunkte dabei waren Fragen nach dem zeitlichen Bezug dieser Haltungsmerkmale, die Fragmentierung der Gesamthaltung/-bewegung und Fragen nach fehlenden Merkmalen.

Da die Körperhaltung nur pauschal für die gesamte Teiltätigkeit erfasst wird, gibt es keine zeitbezogene Differenzierung. Daraus ergab sich beispielsweise die Frage, wie eine nur zeitweilig auftretende „streng fixierte Körperhaltung“ einzuordnen ist. Hier wurde eine zeitliche Differenzierung für notwendig erachtet.

Ein grundsätzliches Problem ist die Haltungswichtung anhand von Sequenzen aus einer Bewegungsfolge. Bei bewegungsarmen Tätigkeiten mit überwiegend statischen Körperhaltungen ist das nicht relevant. Dominieren aber Bewegungsfolgen, dann ist die Zuordnung zu den beschriebenen Körperhaltungen schwierig. In einigen Anmerkungen wurde auf die nicht konsequente Trennung von Rumpfhaltung und Hand-Arm-Stellung im Zusammenhang mit der Armhaltung über Schulterhöhe hingewiesen.

Vereinzelt wurde angemerkt, dass manuelle Arbeiten zeitweise auch im Hocken oder Knien ausgeführt werden (z. B. Fahrzeugmontage, Schaltschrankmontage), diese Haltungen aber nicht berücksichtigt werden.

Zur Bewertung der ermittelten Wichtungen und Punkte

Die Bewertung der Beurteilungsergebnisse mit einer Gesamtpunktzahl ist identisch mit den anderen Leitmerkmalmethoden.


| 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 zu prüfen. |
| 4 | | ≥50 | Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich. |

Abb. 4.44 Tabelle zur Bewertung LMM MA 2007

Zur Bewertung gab es wenige Anmerkungen. Sie bezogen sich meist auf die bekannten Fragen. So gab es vereinzelte nicht plausible Ergebnisse und mitunter Widersprüche zwischen der LMM-Bewertung, den betrieblichen Erfahrungen und geklagten Beschwerden. Die Ursache dafür sind einerseits eine häufig zu scharfe Interpretation der Risikobereiche, andererseits die Nichtbeachtung des Screeningcharakters der LMM.

Konkrete Fragen bezogen sich auf den Unterschied zwischen Gestaltungsmaßnahmen sind „angezeigt“ und „erforderlich“?

4.5.3.2 Grundsätzlichen Fragen zur Methodologie

Neben den konkreten Problemen aus der Anwendersicht, gab es auch grundsätzliche Fragen zu Methodologie.

- Ist es erlaubt, Ordinalskalenwerte zu addieren?
- Ist es erlaubt, eine Gesamtzahl zu errechnen?
- Besteht die Möglichkeit zur Bewertung von Misch Tätigkeiten?
- Wie werden unregelmäßige Arbeitszeiten (wenige Stunden pro Tag, wenige Tage pro Woche) beurteilt?
- Wie ist die Regel für die Wichtungen eines Merkmals, wenn mehrere Einzelmerkmale zutreffen („Wie viele der genannten Einzelmerkmale müssen zutreffen, damit eine 0,5 oder 1 vergeben wird?“).
- Warum wurden die Methoden zum Entgeltrahmenabkommen (z. B. BkB) und MTM-Ergo nicht in den Vergleich des F 1994 einbezogen?
- Sind die Ergebnisse die mit der LMM Heben, Halten, Tragen mit den aus der LMM MA vergleichbar? Dies ist im Grenzbereich der Anwendungen z. B. bei großen Handhabungszahlen mit kleinen Gewichten (3 kg) interessant.
- Stehen die Beurteilungsergebnisse im direkten Verhältnis zu spezifischen Muskel-Skelett-Beschwerden?
- Warum werden über das Hand-Arm-System eingeleitete Vibrationen in der LMM MA nicht berücksichtigt?

Die Diskussion der angesprochenen Probleme und die Einarbeitung in die revidierte Fassung werden im Abschnitt 6 dargestellt.

4.5.3.3 Kommentar aus Sicht der Methodenentwickler

Die zahlreichen Fragen, Kritiken und Anregungen belegen eine intensive Auseinandersetzung mit der Methode aus verschiedenen Positionen (Anwender und Methodenentwickler) heraus. Insgesamt ist festzustellen, dass die Methode von den Anwendern angenommen wird. Es besteht allerdings Korrektur-, Ergänzungs- und Präzisierungsbedarf.

Es wird deutlich, dass viele der Anwenderprobleme vergleichbar sind mit den Problemen, die bei der Anwendung der anderen LMM auftreten. Das sind insbesondere:

- Die LMM MA wird häufig nicht als Screening wahrgenommen, sondern als vollständige, abschließende Methode. Die Beurteilungsergebnisse werden deshalb zu scharf interpretiert.
- Die im Formblatt enthaltenen Begriffe sind assoziativ und sollen eine Groborientierung geben, werden aber häufig mit juristischer Konsequenz interpretiert.
- Die Beurteilung erfolgt bei unzureichender Kenntnis der zu beurteilenden Aufgabe, genaue Arbeitsanalysen fehlen häufig.
- Viele Anmerkungen beziehen sich nicht ausschließlich auf die LMM MA, sondern betreffen alle Methoden zur Gefährdungsbeurteilung bei physischen Belastungen.
- Alle Anwenderwünsche lassen sich nicht erfüllen. Einfache Verfahren (möglichst eindimensional), klare Grenzwerte (schwarz/weiß), ein geringen Zeitaufwand für Analyse, akzeptierbare Ergebnisse und eine hohe Beurteilungssicherheit sind methodisch nicht miteinander vereinbar.

Als zentrales Problem, das sich in vielen Anfragen widerspiegelt, erwies sich die Handlungsanleitung. Entsprechend den Erfahrungen mit den vorangegangenen Leitmerkalmethoden wurde diese kurz gehalten. Das Formblatt wurde meist als ausreichend selbsterklärend erachtet. Für die komplexe LMM MA 2007 erwies sich die Handlungsanleitung trotz deutlich höherem Umfang als nicht ausreichend. Es gab viele Fragen, die in der Handlungsanleitung nicht thematisiert waren. Andererseits gab es viele Fragen zu Aspekten, die in der Handlungsanleitung aufgeführt sind, aber nicht gelesen oder nicht verstanden wurden. Deshalb war ein Schwerpunkt der Revision die qualitative und quantitative Erweiterung der Handlungsanleitung.

Auf einen wichtigen Aspekt bei der praktischen Anwendung der LMM MA muss abschließend hingewiesen werden. Die LMM HHT und LMM ZS fokussierten auf die Gefährdungsbeurteilung im Zusammenhang mit der Lastenhandhabungsverordnung. Die Anwender waren neben den Arbeitsvorbereitern zum großen Teil Meister, Sicherheitsfachkräfte, Betriebsärzte und Inspektoren. Der Fokus LMM MA hat sich demgegenüber weiter in den Bereich der Arbeitssystemgestaltung verschoben. Viele Anwender kommen deshalb aus dem Bereich der Arbeits- und Personalplanung. Dementsprechend differenziert ist die Sicht auf diese Methode und dementsprechend hoch sind die methodischen Anforderungen. Letztendlich soll aber weiterhin die Philosophie der Leitmerkalmethoden gelten, auch für klein- und mittelgroße Unternehmen (KMU) ohne Arbeitsvorbereitung eine Methode an die Hand zu geben, die durch die eigenen Personalressourcen anwendbar sind.

5 Ergänzende Handkraftmessungen

5.1 Vormerkungen

Im Abschnitt 4.2.3 wurde die zentrale Rolle der Kraftwichtung bei den Methoden zur Beurteilung der Belastung des Hand-Arm-Schulter-Bereiches dargestellt. Obwohl von den Methodenentwicklern unterschiedliche Lösungswege gewählt wurden, bleibt die vermutlich wichtigste Frage bei allen offen: Wie ist die „Kraft“ zu definieren und kann sie praxisgerecht quantifiziert werden?

Das Hauptproblem ist, dass es die „eine Kraft“ nicht gibt. Jede Kraftaufwendung ist eine Kombination von Aktions- und Haltungskräften unter Beteiligung vieler Muskeln. Eine differenzierte Betrachtung ist aber unter Berücksichtigung des Screeningcharakters dieser Methoden nicht möglich. Deshalb ist eine Vereinfachung dringend geboten. In den eindimensionalen Skalen von SI, TLV HAL, ManTRA und ART wird dementsprechend nach verbalen Beschreibungen (z. B. gering, mittel, hoch, maximal) differenziert. OCRA CL, LMM MA 2007 und HARM differenzieren zweidimensional unter Berücksichtigung der Art der Kraftausübung und ungefähren Aktionskrafthöhe. LMM MA 2007 und HARM gehen dabei davon aus, dass die Aktionskräfte in einem Bereich bis 60 N liegen, OCRA CL berücksichtigt auch deutlich höhere Kräfte.

Bei den Arbeiten zur Revision der Kraftskale der LMM MA wurden Literaturangaben zu maximalen statischen Aktionskräften ausgewertet. Dabei konnte u. a. die umfassende Datenaufbereitung des „Montagespezifischen Kraftatlas“ von WAKULA et al., (2009) genutzt werden (Abb. 5.1, 5.2).

| Montagespezifischer Kraftatlas | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|--|---------|---------------|--------|---------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|--------|---------|------------------|-------|--------|--------|
| F_{max} | | Finger-Hand-Kräfte Männer; alle Kräfte (Mittelwert und Standardabweichung) in [N] für rechte und linke Hand | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kraftfall | | Ø 40 mm | | Abstand 15 mm | | Abstand 15 mm | | Greifweite 65 mm | | Greifweite 51 mm | | | | Greifweite 51 mm | | | |
| | | Sitz | | Stehen | | Sitz | | Stehen | | Sitz | | Stehen | | Sitz | | Stehen | |
| Armhaltung | Frei | 380±103 | 345±90 | 162±52 | 149±51 | 102±24 | 101±23 | 93±27 | 90±26 | 340±98 | 314±90 | 287±87 | 265±80 | 90±28 | 81±24 | 112±31 | 113±31 |
| | Gebeugt 90° | | 343±102 | | | | 111±27 | | 108±33 | | 332±98 | | | | | | 117±28 |
| | Gestreckt | | 334±98 | | 174±53 | | | | | | | 334±88 | | 460±118 | | 98±28 |  | 118±32 |
| | | | 320±90 | | 174±52 | | | | | | 310±92 | | 475±117 | | 90±26 | | 118±33 |

Abb. 5.1 Maximale statische Finger-Hand-Kräfte (550 Messungen, aus „Montagespezifischer Kraftatlas“, WAKULA et al., 2009, Abb. 3.18)

| | | Perzentil | 1% | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% | 30% | 35% | 40% | 45% | 50% | 55% | 60% | 65% | 70% | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 99% |
|--------------------|-------------------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| stehen | Daumen 2 Finger | 37 | 63 | 71 | 78 | 83 | 86 | 89 | 91 | 95 | 98 | 101 | 104 | 106 | 110 | 115 | 120 | 127 | 137 | 149 | 170 | 211 | |
| | Daumen 4 Finger gebeugter Arm | 58 | 72 | 81 | 90 | 95 | 100 | 104 | 107 | 109 | 113 | 116 | 119 | 122 | 126 | 128 | 132 | 136 | 141 | 149 | 161 | 191 | |
| | Daumen 4 Finger gestreckt Arm | 61 | 73 | 84 | 90 | 96 | 100 | 103 | 108 | 112 | 115 | 118 | 121 | 124 | 127 | 130 | 132 | 137 | 144 | 152 | 167 | 222 | |
| | Daumen | 66 | 96 | 111 | 123 | 131 | 138 | 145 | 151 | 156 | 163 | 170 | 176 | 183 | 191 | 201 | 207 | 217 | 226 | 247 | 264 | 333 | |
| | Daumen Zeigefinger | 59 | 73 | 80 | 86 | 92 | 95 | 98 | 102 | 105 | 108 | 110 | 113 | 115 | 118 | 122 | 124 | 128 | 133 | 138 | 151 | 208 | |
| | Faust gebeugter Arm | 88 | 176 | 214 | 237 | 265 | 278 | 290 | 300 | 319 | 331 | 341 | 353 | 370 | 386 | 403 | 417 | 432 | 445 | 465 | 503 | 570 | |
| | Faust gestreckter Arm | 88 | 167 | 203 | 231 | 252 | 271 | 287 | 301 | 317 | 330 | 340 | 350 | 361 | 373 | 390 | 400 | 413 | 427 | 450 | 478 | 560 | |
| | Handballen | 194 | 267 | 303 | 337 | 359 | 377 | 392 | 407 | 418 | 434 | 448 | 466 | 480 | 494 | 508 | 520 | 542 | 561 | 588 | 648 | 704 | |
| | Zange gebeugter Arm | 114 | 196 | 222 | 236 | 255 | 269 | 282 | 295 | 307 | 317 | 331 | 336 | 345 | 356 | 368 | 384 | 403 | 426 | 454 | 494 | 586 | |
| | Zange gestreckter Arm | 128 | 182 | 221 | 250 | 266 | 280 | 294 | 305 | 314 | 326 | 338 | 347 | 356 | 363 | 373 | 385 | 397 | 413 | 440 | 476 | 553 | |
| | Zeigefinger | 45 | 57 | 65 | 72 | 76 | 79 | 83 | 85 | 87 | 91 | 95 | 98 | 102 | 107 | 111 | 115 | 122 | 129 | 140 | 150 | 168 | |
| | sitzen | Daumen 2 Finger | 33 | 54 | 64 | 68 | 73 | 77 | 80 | 83 | 87 | 90 | 92 | 93 | 96 | 98 | 102 | 105 | 111 | 115 | 120 | 137 | 180 |
| Daumen 4 Finger | | 35 | 64 | 74 | 83 | 90 | 95 | 99 | 102 | 105 | 108 | 113 | 116 | 120 | 123 | 126 | 130 | 134 | 139 | 147 | 159 | 188 | |
| Daumen | | 49 | 74 | 88 | 102 | 110 | 116 | 123 | 128 | 135 | 140 | 147 | 153 | 160 | 165 | 175 | 184 | 194 | 203 | 216 | 239 | 306 | |
| Daumen Zeigefinger | | 30 | 60 | 75 | 82 | 85 | 89 | 93 | 96 | 99 | 101 | 104 | 106 | 109 | 111 | 114 | 116 | 120 | 123 | 128 | 135 | 150 | |
| Faust | | 96 | 183 | 219 | 254 | 279 | 289 | 309 | 323 | 338 | 350 | 364 | 378 | 394 | 405 | 419 | 436 | 450 | 471 | 494 | 521 | 559 | |
| Handballen | | 95 | 144 | 163 | 176 | 190 | 200 | 213 | 227 | 236 | 245 | 260 | 272 | 288 | 298 | 309 | 325 | 342 | 359 | 383 | 413 | 499 | |
| Zange | | 101 | 177 | 222 | 246 | 266 | 279 | 295 | 307 | 319 | 328 | 341 | 350 | 361 | 372 | 384 | 401 | 419 | 436 | 456 | 493 | 558 | |
| Zeigefinger | | 35 | 51 | 57 | 64 | 67 | 70 | 74 | 77 | 79 | 84 | 87 | 91 | 93 | 97 | 101 | 105 | 111 | 117 | 126 | 135 | 174 | |

Abb. 5.2 Perzentillierte Finger-Hand-Kräfte für die rechte Hand (aus „Montage-spezifischer Kraftatlas“, WAKULA et al., 2009, Tab. 5.20)

Die dargestellten Krafftälle sind allerdings nicht vollständig und überwiegend keine externen Aktionskräfte, sondern interne Finger- oder Handschlusskräfte. Alle Kraftwerte beziehen sich auf eine optimale Kraftübertragung. Im Ergebnis der Anwendungserprobung musste festgestellt werden, dass die Kraftübertragung in vielen Fällen erheblich erschwert ist und die in den Abbildungen 5.1 und 5.2 aufgeführten Krafftällen die Arbeitsbedingungen in der Praxis bei weitem nicht abdecken können. Zur Beurteilung der erforderlichen Anstrengung ist insbesondere der Zusammenhang zwischen interner Kraftaufwendung und externer (Aktions-)Kraftwirkung wichtig. Folgendes Beispiel soll das verdeutlichen: Das Nähen von Leder mit einer Nähnaedel ohne Hilfsmittel erfordert eine sehr hohe Fingerschlusskraft, die zu einer schnellen Ermüdung führt. Die Verwendung eines Fingerhutes oder einer Zange reduziert die erforderlichen Handkräfte erheblich oder beansprucht größere Muskelgruppen und führt zu einer deutlich geringeren Ermüdung.

Da in der ausgewerteten Literatur und den konkurrierenden Methoden diesbezüglich nicht unterschieden wird und keine Referenzdaten verfügbar waren, wurde eine „ad hoc-Studie“ zur Ermittlung von praxistypischen Kraftraufwendungen durchgeführt. Aufgrund der begrenzten Kapazitäten wurden in dieser Studie orientierende Messungen zur Ermittlung von Zusammenhängen und möglichen Aktionskräften durchgeführt.

Eine Weiterführung dieser Messungen wäre im Rahmen einer Sammlung von Referenzwerten sinnvoll.




5.2 Ziel

Das Ziel der Handkraftmessungen war die Ermittlung ausgewählter maximaler statischer Drehmomente und Aktionskräfte im Finger-Handbereich für praxistypische Handlungen bei manuellen Arbeitsprozessen. Damit sollte die bestehende Datenlage unter Berücksichtigung der Spannweite von minimalen zu maximalen Kräften ergänzt werden. Die Auswahl der Probanden berücksichtigte dementsprechend handwerklich erfahrene Männer und Frauen sowie ungeübte Frauen.





5.3 Messprogramm

Das Messprogramm beinhaltet insgesamt 42 Messungen in drei Serien. In Tabelle 5.1 ist das Messprogramm dargestellt.

Tab. 5.1 Serie 1: Maximale Drehmomente mit Hakenschlüssel (Innensechskant) und Kurbel

| Versuch | Werkzeug | Anwendung | Hand |
|---------|--|---|------|
| 1 | Hakenschlüssel klein Schlüsselweite 5 mm |  | re |
| 2 | | | li |
| 3 | | | re |
| 4 | | | li |
| 5 | Hakenschlüssel groß Schlüsselweite 8 mm |  | re |
| 6 | | | li |
| 7 | | | re |
| 8 | | | li |
| 9 | Kurbel Schlüsselweite 5 mm Kurbelarmlänge 60 mm |  | re |
| 10 | | | li |







Tab. 5.2 Serie 2: Maximale Drehmomente mit Schraubendreher, Maulschlüssel und Flügelmuttern

| Versuch | Werkzeug | Anwendung | Hand |
|---------|--|---|------|
| 11 | Schraubendreher, Griff \varnothing 25 mm Klingenbreite 4 mm |  | re |
| 12 | | | li |
| 13 | Schraubendreher, Griff \varnothing 25 mm Klingenbreite 4 mm |  | re |
| 14 | | | li |
| 15 | Schraubendreher, Griff \varnothing 35 mm Klingenbreite 8 mm |  | re |
| 16 | | | li |
| 17 | Schraubendreher, Griff \varnothing 35 mm Klingenbreite 8 mm |  | re |
| 18 | | | li |

Tab. 5.2 (Fortsetzung)

| Versuch | Werkzeug | Anwendung | Hand |
|---------|---|---|------|
| 19 | Schraubendreher, Griff \varnothing 35 mm Innensechskant 6 mm |  | re |
| 20 | | | li |
| 21 | Schraubendreher, Griff \varnothing 35 mm Innensechskant 6 mm |  | re |
| 22 | | | li |
| 23 | Maulschlüssel 10/13 |  | re |
| 24 | | | li |
| 25 | Maulschlüssel 8/10 |  | re |
| 26 | | | li |
| 27 | Flügelschraube M8 Breite der Flügel 50 mm |  | re |
| 28 | | | li |
| 29 | Sechskant-Schraubenkopf SW 13 M8 |  | re |
| 30 | | | li |

Tab. 5.3 Serie 3: Fingerzug- und Fingerschließkräfte

| Versuch | Werkzeug | Anwendung | Hand |
|---------|---|---|------|
| 31 | Ziehen an Seilschlaufe 4 mm formschlüssig, Zeigefinger |  | re |
| 32 | | | li |
| 33 | Ziehen an Metallblock 20/20 mm kraftschlüssig, Pinchgriff |  | re |
| 34 | | | li |
| 35 | Ziehen an Metallblock 20/20 mm kraftschlüssig, Umfassungsgriff |  | re |
| 36 | | | li |
| 37 | Schließkraft Daumen-Zeigefinger Abstand 10 mm |  | re |
| 38 | | | li |
| 39 | Schließkraft Daumen-Zeigefinger Abstand 35 mm |  | re |
| 40 | | | li |
| 41 | Schließkraft Daumen-Zeigefinger Abstand 70 mm |  | re |
| 42 | | | li |

5.4 Messtechnik und Versuchsaufbau

Die Kräfte wurden mit der BGIA-Handkraftmesseinrichtung in Verbindung mit der Software Widaan 2.64 ermittelt. Die Abtastrate lag bei 10 sec^{-1} . Der Versuchsaufbau ist in den Abbildungen 5.3 bis 5.5 dargestellt.

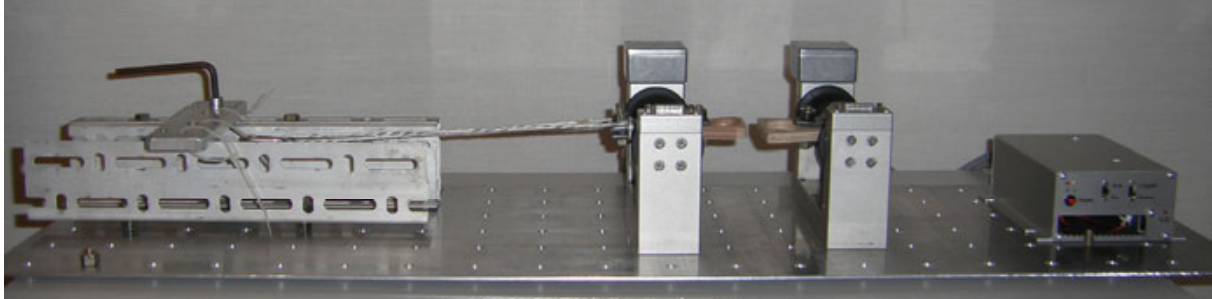


Abb. 5.3 Gesamtansicht des Versuchsaufbaus

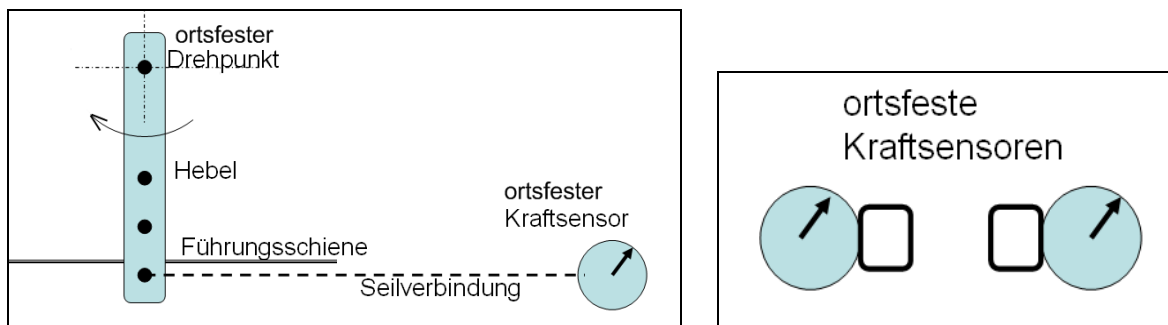


Abb. 5.4 Prinzipdarstellung für die Messung der Drehmomente (links) und Fingerzug-/Fingerschließkräfte (rechts)

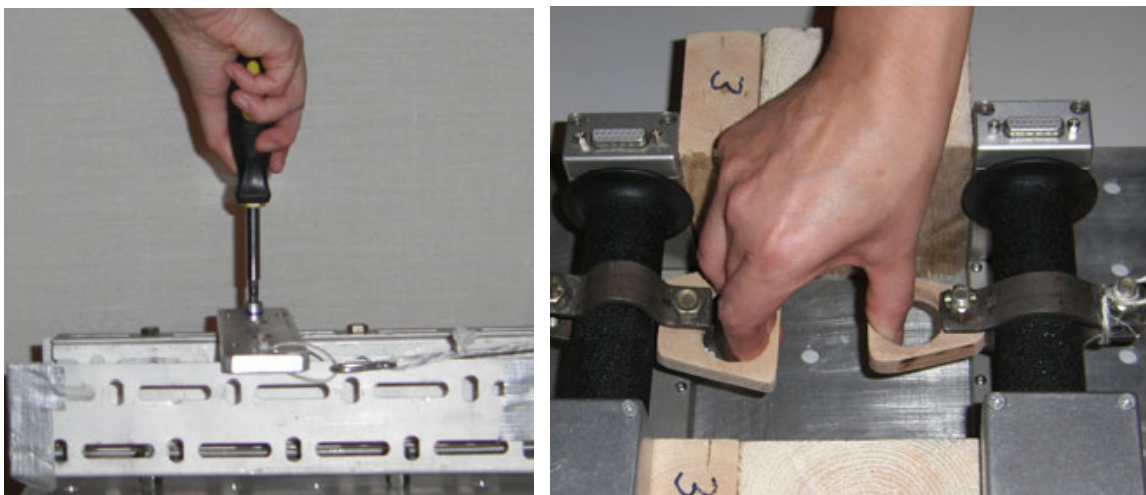


Abb. 5.5 Messung der Drehmomente (links: Versuch 11) und Fingerschließkräfte (rechts: Versuch 39)

Der Versuchsablauf unterteilte sich in drei Serien:

Serien 1 und 2 = Ermittlung der Drehmomente

Messung mit einem Kraftmessgriff

Versuch 01-30: Drehmoment = Gemessene Kraft am Handkraftgriff • Länge des Hebelarms

Serie 3 = Ermittlung der Fingerkräfte

Messung mit zwei Kraftmessgriffen

Versuch 31-36: Fingerkraft = Gesamtkraft am Kraftmessgriff „rechts“

Versuch 37-42: Fingerschließkraftkraft = Mittelwert der gemessenen Kräfte an beiden Kraftmessgriffen

Jede Versuchsperson war aufgefordert, die maximal mögliche Kraft über einen Zeitraum von 3 Sekunden aufrecht zu erhalten. Es wurden jeweils drei Versuche mit der rechten Hand und drei Versuche mit der linken Hand durchgeführt. Jede Versuchsperson absolvierte die 42 Kraftfälle mit jeweils drei Versuchen. Aus den drei Werten wurden die gemittelten maximalen statischen Aktionskräfte errechnet.

Wie Abbildung 5.6 zeigt, wurde das geforderte Kraftniveau über einen Zeitraum von 3 Sekunden häufig nicht gehalten. Deshalb wurde für die Festlegung der Maximalkraft nicht der Spitzenwert, sondern der Wert, der über die 3 Sekunden gehalten werden konnte verwendet (Abb. 5.6).

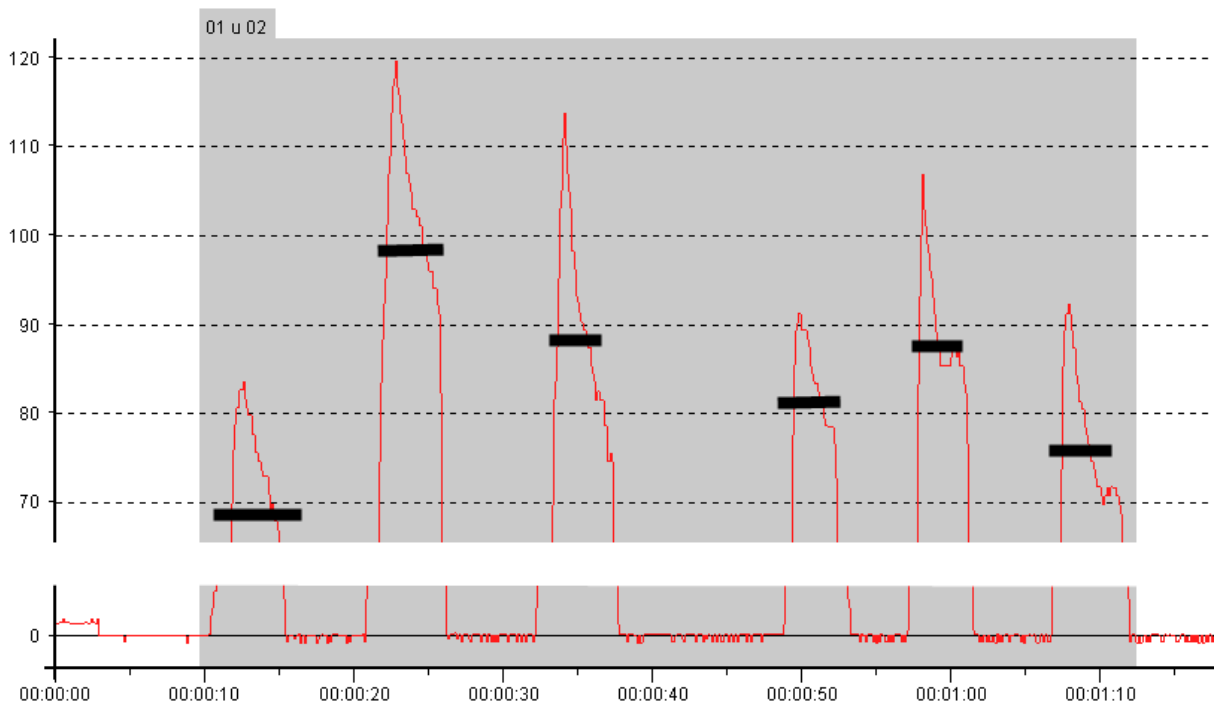


Abb. 5.6 Kraftverlauf bei den Versuchen 01 und 02, Versuchsperson 2
Die schwarzen Markierungen kennzeichnen die ermittelten statischen isometrischen Maximalkräfte, die über einen Zeitraum von 3 Sekunden gehalten werden können und liegen etwa 10 % unter den Spitzenkräften.

5.5 Versuchspersonen

Aufgrund der begrenzten Zeit und Kapazitäten wurde die Anzahl der Versuchspersonen begrenzt. Da der Schwerpunkt der Studie die Ermittlung der Spannweite von minimalen zu maximalen Kräften war, wurden bei der Auswahl dementsprechend handwerklich erfahrene Männer und Frauen sowie ungeübte Frauen berücksichtigt. Die Daten der Versuchsserie der lfd. Nr. 3 waren fehlerhaft und wurden verworfen.

Tab. 5.4 Liste der Versuchspersonen

| lfd. Nr. | Alter | Geschlecht | Händigkeit | Handwerkliche Erfahrung |
|----------|-------|------------|------------|-------------------------|
| 1 | 63 | m | re | ja |
| 2 | 41 | m | re | ja |
| 4 | 25 | w | re | nein |
| 5 | 54 | w | re | nein |
| 6 | 45 | w | re | ja |

5.6 Ergebnisse

Die vollständige tabellarische Darstellung der Mittelwerte, Minima und Maxima enthält Anhang 5. Abbildungen 5.7 bis 5.9 enthalten eine Übersichtsdarstellung und die Vergleiche der Mittelwerte. Aus Gründen der einfachen Lesbarkeit wurde – mathematisch unkorrekt – eine Kurvendarstellung gewählt. Richtig wäre eine Säulendarstellung, die aber unübersichtlich ist.

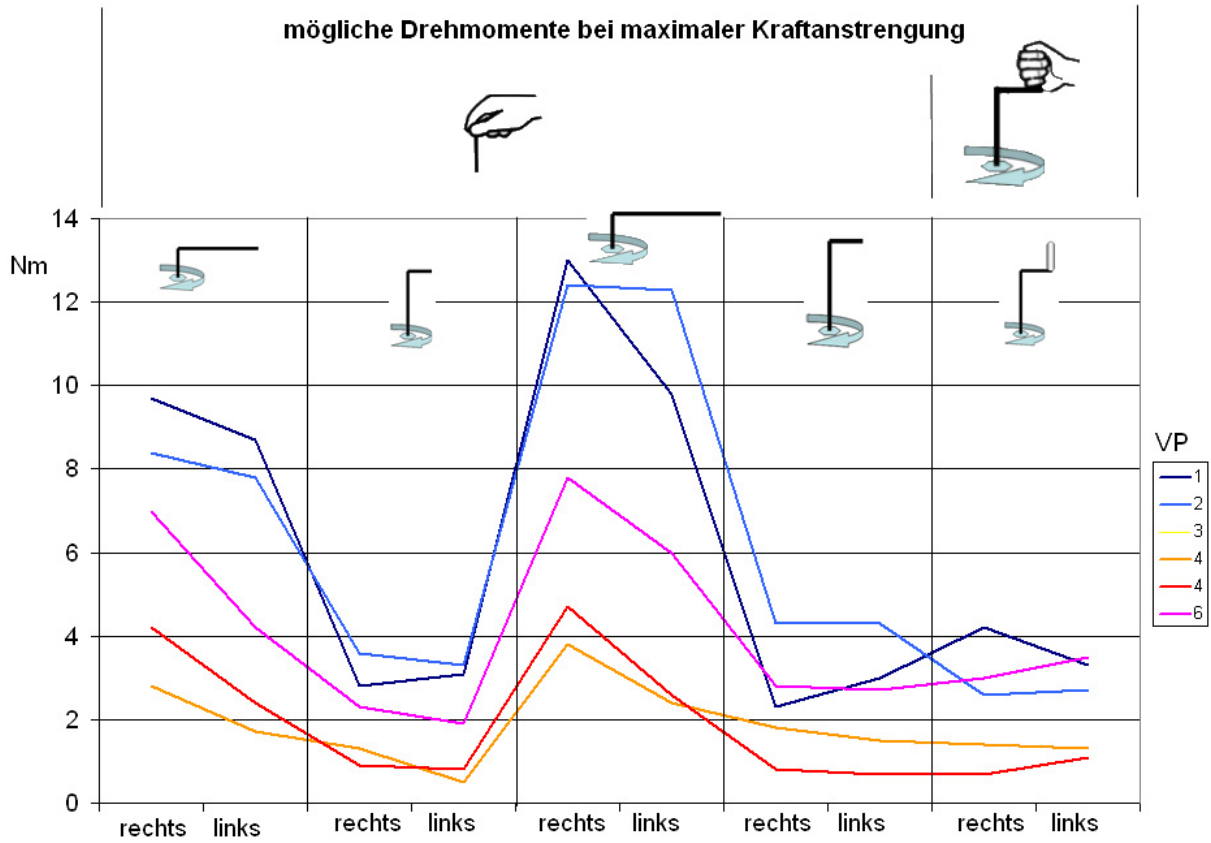


Abb. 5.7 Vergleich der maximalen statischen Drehmomente von 5 Versuchspersonen, Serie 1

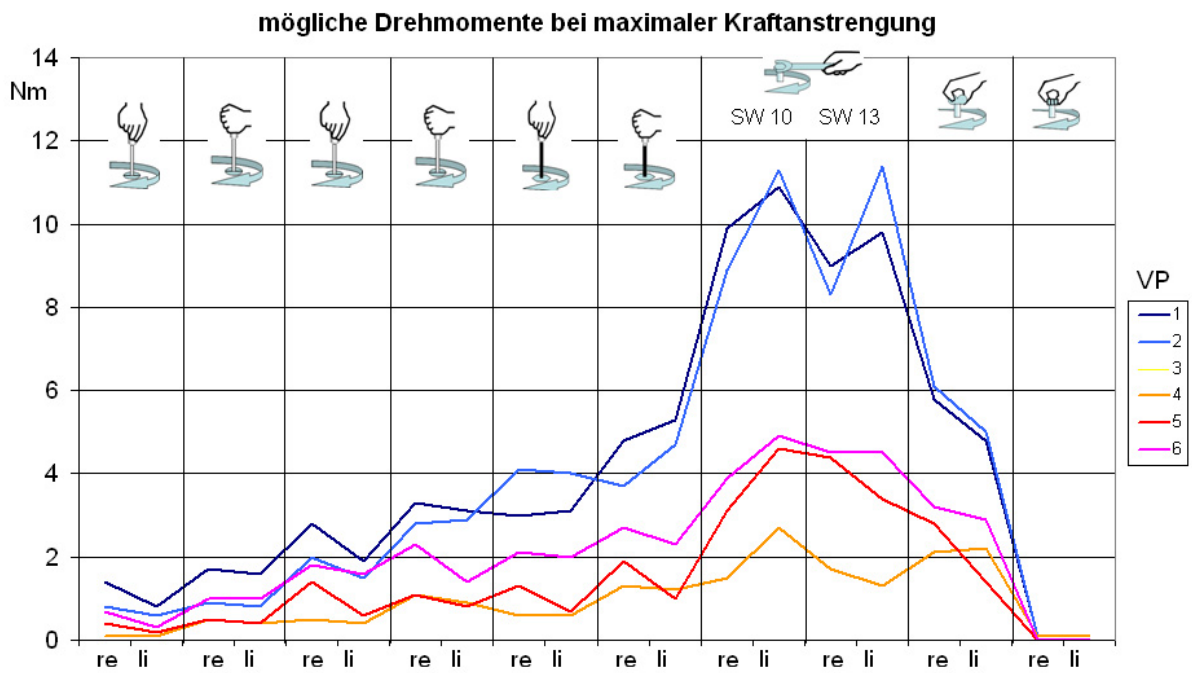


Abb. 5.8 Vergleich der maximalen statischen Drehmomente von 5 Versuchspersonen, Serie 2

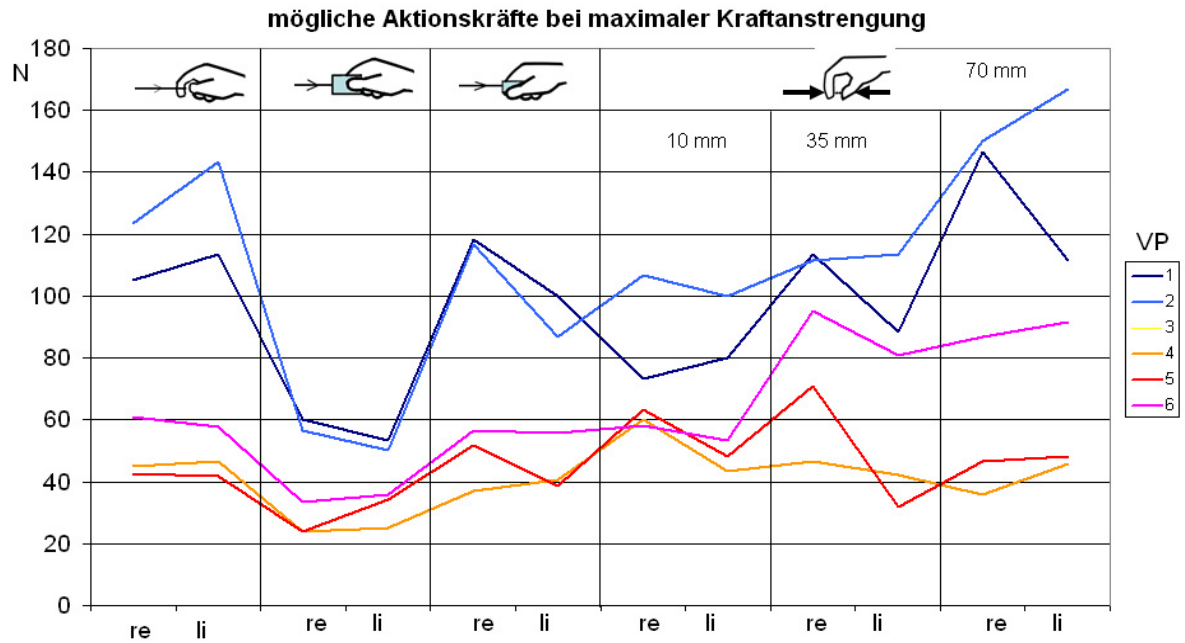


Abb. 5.9 Vergleich der maximalen statischen Aktionskräfte von 5 Versuchspersonen, Serie 3

Zusätzlich wurden zum Versuch 33 (kraftschlüssige Kraftübertragung mit dem Fingerzufassungsgriff) vier ergänzende Einzelmessungen mit unterschiedlichen Materialien durchgeführt (Abb. 5.10).

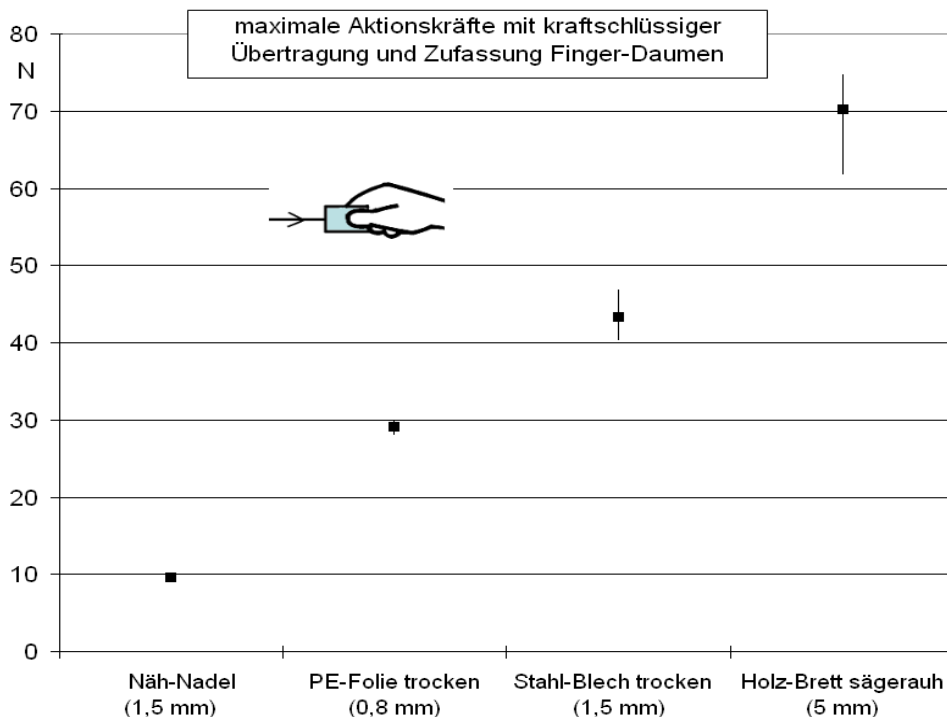


Abb. 5.10 Vergleich der möglichen (externen) Aktionskräfte bei maximaler Fingerschlusskraft in Abhängigkeit von der Kraftübertragung, drei ergänzende Messungen zum Versuch 33, Serie 3 Z, (Versuchsperson 1, maximale Fingerschlusskraft 75 N)

5.7 Zusammenfassung und Diskussion

Die maximalen statischen Aktionskräfte im Finger-Hand-Bereich sind geschlechtsabhängig. Im Mittel verfügten die männlichen Versuchspersonen in der hier durchgeführten Untersuchung über die 2,2fache Kraft von Frauen.

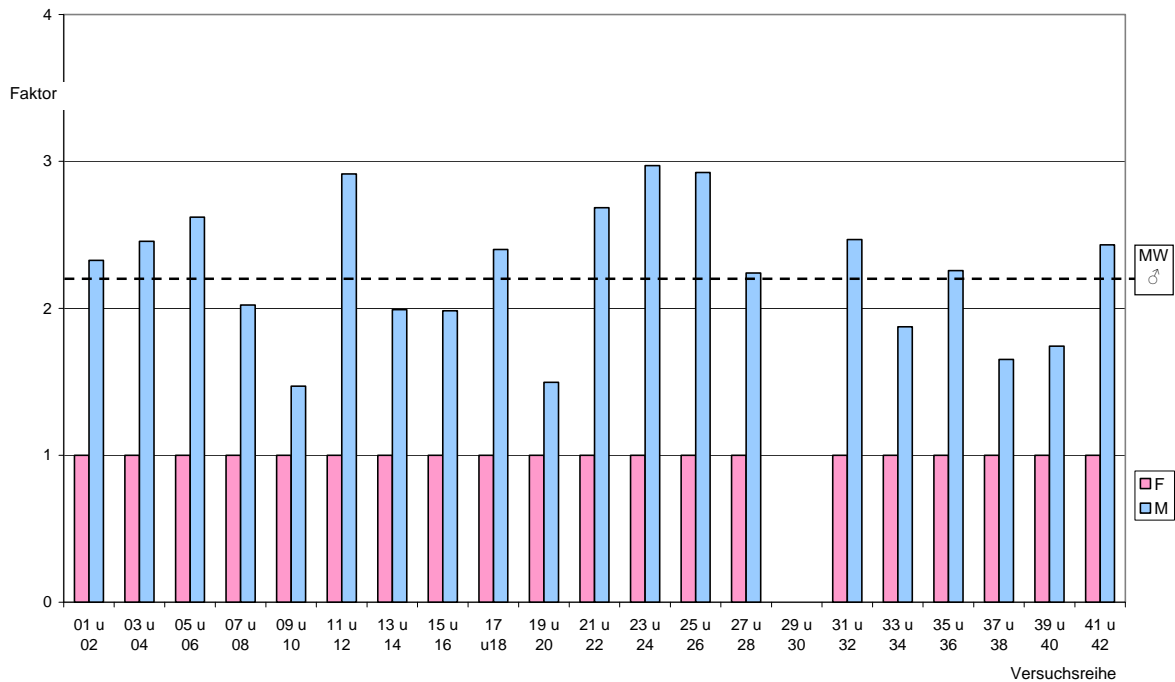


Abb. 5.11 Verhältnis der Mittelwerte der gemessenen Kräfte von Frauen und Männern

Für die Versuchsreihe 29/30 sind Auswertungen nicht sinnvoll, da die gemessenen Werte aufgrund der geringen absoluten Höhe sehr fehlerbehaftet sind.

Interessant ist die Tatsache, dass dieser Faktor in Abhängigkeit vom Versuch erheblich variiert (1,5 bis 3). Dabei variiert auch das „Ranking“ der stärksten Versuchsperson. Offensichtlich haben auch individuelle Merkmale (z. B. Geschicklichkeit, Arbeitserfahrung, Schmerztoleranz) einen Einfluss auf die Maximalkraft.

Die geringste Differenz im Versuch 09/10 hat ihre Ursache darin, dass die Kurbel schwierig zu greifen war. Damit hatte neben der Kraft auch die Geschicklichkeit einen erheblichen Einfluss.

Die höchste Differenz im Versuch 23/24 ergab sich bei einer guten Krafteinleitung in den Maulschlüssel. Hier war die verfügbare Handkraft ausschlaggebend.

Ohne Berücksichtigung des Geschlechts unterscheiden sich die Minimal- von den Maximalkräften im Mittel um den Faktor 5,4. Die geringste Differenz im Versuch 37/36 (Fingerschließkraft im Abstand 10 mm) ergibt sich vermutlich aus günstigeren Greifbedingungen durch die kleineren Händen der Frauen.

Die höchste Differenz in den Versuchen 11/12, 23/24 sowie 25/26 (Schraubendreher, Schraubenschlüssel) ergibt sich durch das Schrauben mit der linken Hand. Hierfür könnten die geringe Übung im Umgang mit Werkzeugen und die unterschiedlich ausgeprägte Rechtshändigkeit ursächlich sein.

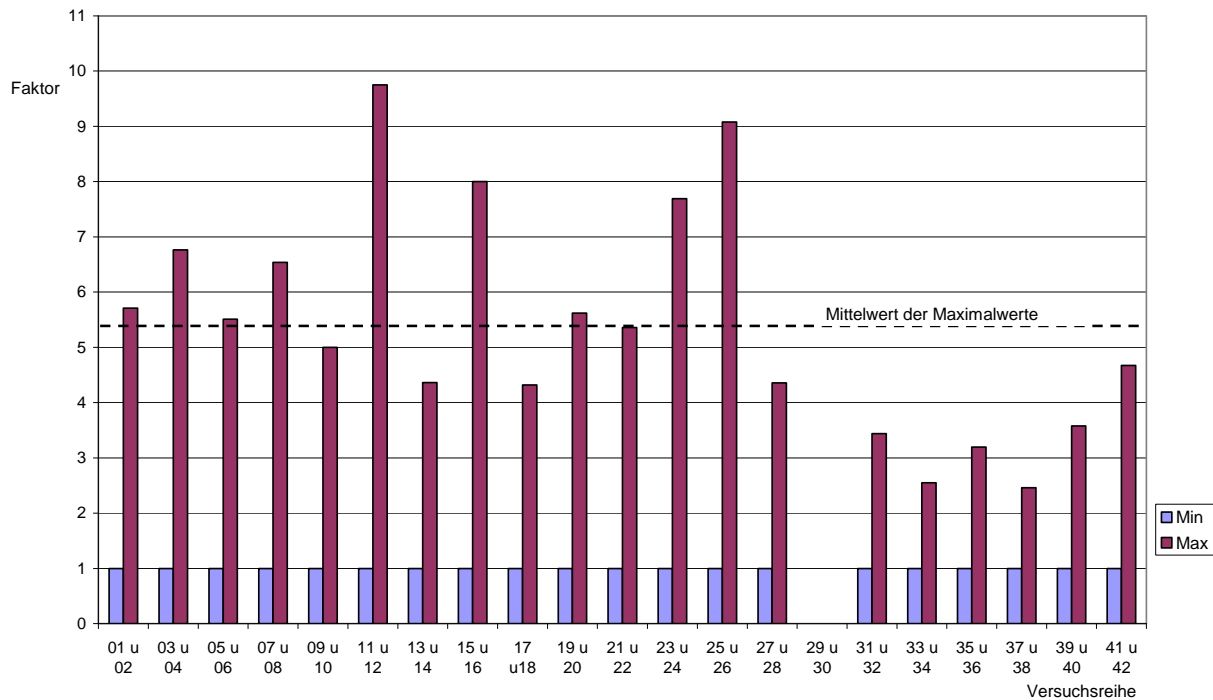


Abb. 5.12 Darstellung der relativen Höhe der gemessenen Kräfte: Minimalwerte und Maximalwerte, Minimalwerte normiert auf 1

Für die Versuchsreihe 29/30 sind Auswertungen nicht sinnvoll, da die gemessenen Werte aufgrund der geringen absoluten Höhe sehr fehlerbehaftet sind.

Unterschiede zwischen den Maximalkräften der rechten und der linken Hand sind erkennbar, aber weniger stark ausgeprägt. Meist ist die Haupthand (bei allen Versuchspersonen die rechte Hand) stärker. Es gibt individuelle Unterschiede. Bei Versuchsperson 5 gibt es die deutlichsten Unterschiede zwischen rechts und links.

Bei kraftschlüssiger Übertragung sind deutlich geringere Kräfte möglich als bei formschlüssiger Übertragung. Beim Drehen von Innensechskantschrauben 6 mm mit dem Hakenschlüssel (5/6) sind als Mittelwert für alle 5 Versuchspersonen 7,4 Nm möglich. Beim Drehen von Innensechskantschrauben 6 mm mit dem Schraubendreher (19/20) sind es nur 2,8 Nm. Zu berücksichtigen dabei ist noch, dass der Hakenschlüssel sehr schlecht greifbar und schmerzhaft bei der Benutzung war. Der Schraubendrehergriff war ergonomisch optimal. Das maximale Drehmoment für diesen Lastfall ist mit einem ergonomisch gestalteten Ratschenschlüssel oder mechanisierten Schrauber erreichbar. Es liegt bei ca. 16 Nm.

Insgesamt zeigte sich bei den Messreihen sehr deutlich, dass die (externe) Aktionskraft immer geringer ist als die aufgewendete Finger-/Handkraft. Dabei sind insbesondere die Kraftfälle „Faustschlusskraft“ und „Fingerschlusskraft“ für die Kraftübertragung mit Werkzeugen interessant. Die gemessenen maximalen Faustschlusskräfte des Montagespezifischen Kraftatlas (WAKULA et al., 2009, Tab. 5.2) liegen im Sitzen zwischen 86 und 637 N (Mittelwert 348 N, SD 86). Die in der Serie 2 ermittelten maximalen Drehmomente für kraftschlüssige Übertragung liegen bei geringen 2 bis 4 Nm, bei formschlüssiger Übertragung zwischen 10 und 16 Nm für Männer.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei Kraftübertragungen mit Fingerschluss. Die gemessenen maximalen Kräfte zwischen Zeigefinger und Daumen liegen bei einem Abstand von 15 mm zwischen 14 und 270 N (Mittelwert 101 N, SD 23). Die gemessenen maximalen Aktionskräfte betragen bei kraftschlüssiger Übertragung mit griffiger Oberfläche ca. 70 N, verringern sich bei schlechter Greifbarkeit bis 10 N (Abb. 5.8). Bei feuchter oder fettiger Oberfläche ist praktisch keine Kraftübertragung möglich.

Die gemessenen Werte zeigen den großen Einfluss der Werkzeuggestaltung auf die Beanspruchung des Hand-Arm-Systems. Bei guter Qualität der Krafteinleitung lassen sich die gleichen Aktionskräfte mit einem viel geringeren biologischen Aufwand als bei schlechter Kraftübertragung erzeugen.

Eine wichtige Erkenntnis ist auch, dass weitere Einflussfaktoren wie das Arbeiten mit der ungeübten (meist linken) Hand und die individuellen Arbeitserfahrungen zu berücksichtigen sind. Die geschlechtsabhängigen Unterschiede liegen in dieser Studie im Mittel bei 50 % der Frauen gegenüber den Männern. In anderen Studien liegen die Werte bei ca. 65 % (HETTINGER, 1960; SCHULTETUS, 1987; DORSTEWITZ, 2008 u. a.).

Ältere Untersuchungen und Darstellungen von Kraftverhältnissen gehen von einem altersstabilen Faktor von etwa $\frac{2}{3}$ für maximale Kräfte aus, wobei die Maximalkräfte kontinuierlich mit dem Alter abnehmen (z. B. Abb. 5.13, HOLLMANN und HETTINGER, 1990).

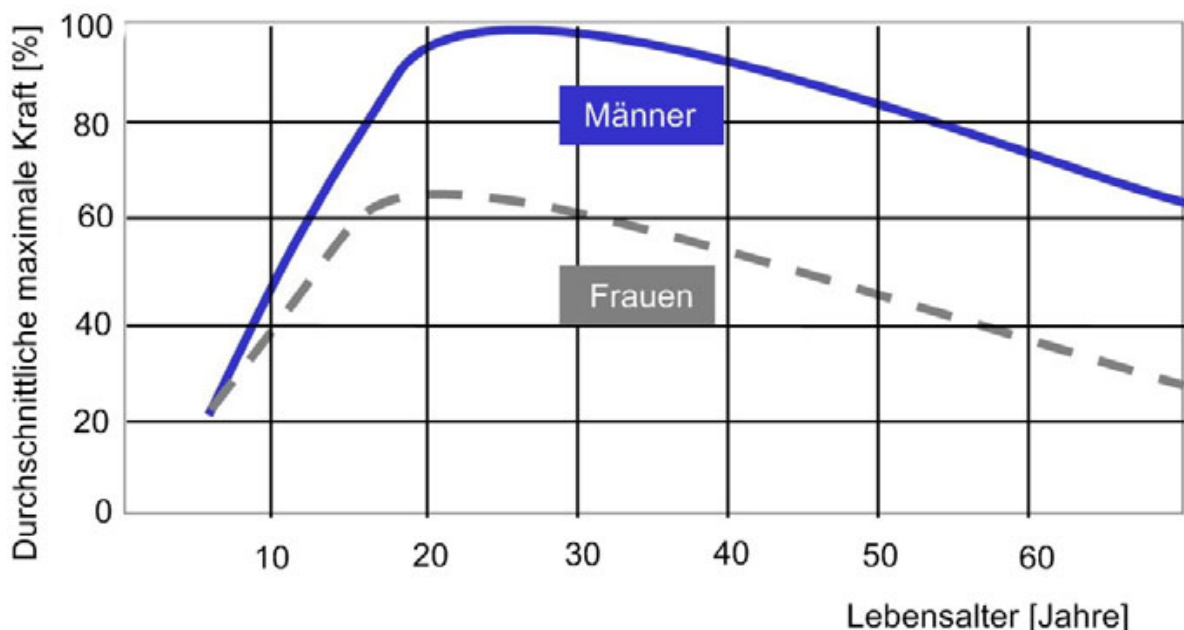


Abb. 5.13 Trendverhalten der maximalen statischen Muskelkraft bei männlichen und weiblichen Personen im Laufe des Lebens (HOLLMANN und HETTINGER, 1990)

Jüngere Untersuchungen (LEVCHUK et al., 2012) bestätigen den Faktor von $\frac{2}{3}$ zwischen Männern und Frauen im mittleren Alter (20-70 Jahre), nicht jedoch den kontinuierlichen Kraftverfall im Alter (Abb. 5.14).

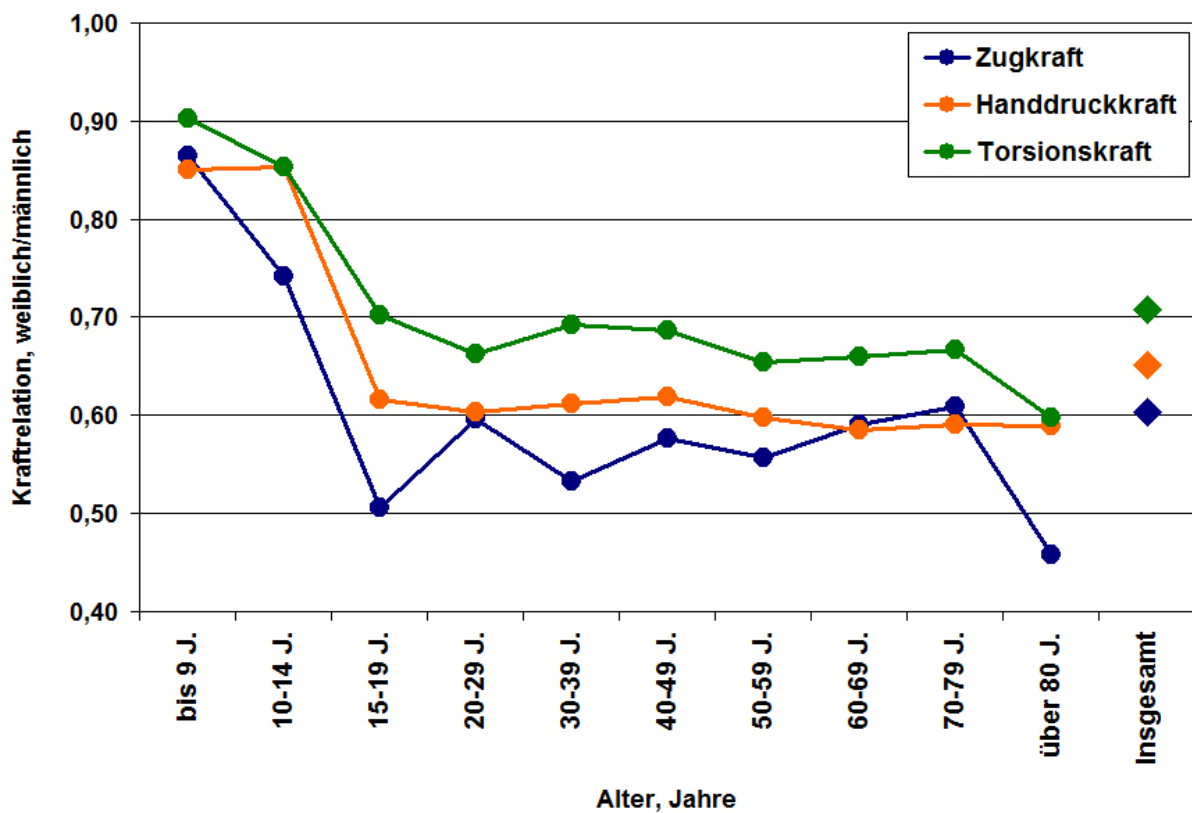


Abb. 5.14 Kraftrelation zwischen Männern und Frauen bei der Ausübung maximaler Muskelkraft in unterschiedlichen Kraftfällen (Zug-/Handdruck-/Torsionskraft), N = 976 Personen) (LEVCHUK et al., 2012)

In den erwähnten Studien sind die Kräfte allerdings immer unter ergonomischen Bedingungen mit optimaler Krafteinleitung und ohne besondere Anforderungen an die Geschicklichkeit gemessen worden. Die Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchungen lassen vermuten, dass bei unergonomischen Arbeitsbedingungen insbesondere Frauen geringere Maximalkräfte aufbringen können.

Trotz der geringen Probandenzahl haben die Messergebnisse wichtige Erkenntnisse für die Korrektur der Kraftwichtungstabelle und für die Aufnahme eines zusätzlichen Leitmerkmals „Kraftübertragung/Greifbedingungen“ gebracht.

6 Revision der LMM MA 2007: Neufassung als LMM MA 2011

6.1 Eckpunkte der Revision und grundsätzliche Aspekte der Wichtung

Die Ergebnisse der Analysen, die in den Abschnitten 3, 4 und 5 ausführlich beschrieben wurden, sind die Grundlage für die Überarbeitung der LMM MA. Die Überarbeitung hat mehrere Aspekte. Das sind im Einzelnen die begriffliche Präzisierung, die fachlich inhaltliche Ergänzung, die Skalenkorrektur, die Konkretisierung der Rechenvorschrift für die Kraftwichtung, die formelle Neufassung des Arbeitsblattes und die Erweiterung der Anwenderunterstützung.

Eckpunkte der Revision sind die

- Überarbeitung der Wichtungstabellen,
- Hinzufügung eines weiteren Leitmerkmals „Kraftübertragung/Greifbedingungen“,
- Anpassung der Struktur des Formblattes und
- Erarbeitung von zwei unterschiedlich ausführlichen Handlungsanleitungen.

Wesentliche Änderungen gibt es bei den Merkmalen Zeitwichtung, Kraft-Häufigkeitswichtung und Wichtung der Greifbedingungen. Letztere ist neu hinzugekommen. Wesentlich erweitert wurden auch die Handlungsanleitungen.

Geringe Änderungen gibt es bei den Merkmalen zur Wichtung der Hand-/Armstellung und -bewegung, Arbeitsorganisation, Körperhaltung und bei der Formblattstruktur.

Ein methodischer Schwerpunkt war die Skalenkorrektur. Die ausgewählten Merkmale werden entsprechend ihrer Intensität bzw. Ausprägung mit Ordinalzahlen gewichtet. Das ist bei allen im Abschnitt 4.2 beschriebenen Methoden ähnlich. Geringe Intensitäten werden mit kleinen Wichtungen belegt und höhere Intensitäten mit großen Wichtungen. Die sinnvolle Spreizung der Skalen ist eine Grundvoraussetzung für das Funktionieren der Methoden.

Die Methodenentwickler haben hierbei insbesondere Wert darauf gelegt, gesicherte Zusammenhänge zwischen Anforderungen, Belastungen, Beanspruchungen und Beanspruchungsfolgen zu berücksichtigen. Die bisherigen Erkenntnisse hierzu sind jedoch unvollständig und beruhen häufig auf eindimensionalen Zusammenhängen. Um dennoch eine praxisgerechte mehrdimensionale Operationalisierung zu ermöglichen, werden zumeist erfahrungsergonomisch basierte Modelle gebildet, die dann empirisch aufbereitet werden. Dem Screeningcharakter dieser Methoden entsprechend ist die maximale Anzahl der Ordinalzahlen pro Skala auf sechs bis sieben begrenzt und nach Möglichkeit sind es ganze Zahlen, da es „Papier & Bleistift“-Methoden sein sollen.

Wichtiger ist jedoch die Frage der Stufung der Zahlen. Die einfachste Form einer Skalierung mit Ordinalzahlen ist die arithmetische Folge. Es ist eine regelmäßige mathematische Zahlenfolge mit der Eigenschaft, dass die Differenz zweier benachbarter Folgenglieder konstant ist.

$$a_{i+1} = a_i + d$$

(6.1)

Diese gleiche Differenz zweier benachbarter Stufen hat aber den Nachteil, dass nicht über die gesamte Skalenlänge angemessen differenziert werden kann. Eine Stufung von 1 kg ist z. B. ist bei Lastgewichten von 1-5 kg sinnvoll, bei Lastgewichten von 1-40 kg jedoch ungeeignet. Es würde zu 40 Stufen führen und andererseits die Differenz von 2 auf 4 kg gleich bewerten wie die Differenz von 37 zu 39 kg. Aus diesem Grund sind nichtlineare Skalierungen vielfach der bessere Ansatz. Eine wichtige Alternative zur arithmetischen Stufung ist die geometrische Stufung, die diesen Nachteil ausgleicht. Die Glieder einer Geometrischen Folge lassen sich auch aus dem jeweils vorhergehenden Glied berechnen, dazu dient die folgende rekursive Formel:

$$a_{i+1} = a_i \cdot q \quad (6.2)$$

Möglich wären aber auch andere Stufungen, die sich aus stetigen mathematischen Funktionen ableiten. In den nachfolgenden Abschnitten werden unterschiedliche Skalierungen betrachtet und für die Revision ausgewählt.

6.2 Überarbeitung der Wichtungstabellen

6.2.1 Zeitwichtung

Es gibt drei wesentliche Änderungen bei der Zeitwichtung. Die Skalierung ist nun linear. Es können auch Tätigkeitsdauern >6 Stunden differenziert dargestellt werden und die Höhe der Wichtungszahlen wurde verringert. Daneben ist die fakultative Erfassung der Zusatzinformationen nicht mehr im Formblatt verankert.

| Gesamtdauer dieser Tätigkeit pro Schicht | Zeitwichtung | Zusatzinformationen | |
|--|--------------|----------------------------------|---|
| < 120 min | 1 | <u>Zyklische Tätigkeit</u> | |
| 120 - 180 min | 2 | Dauer eines Zyklus | |
| 180 - 240 min | 3 | Anzahl der Zyklen pro Schicht | |
| 240 - 300 min | 4 | Anteil an Arbeitszeit | % |
| 300 - 360 min | 5 | <u>oder</u> | |
| > 360 min | 6 | <u>Kontinuierliche Tätigkeit</u> | |
| | | Anteil an Arbeitszeit | % |

Abb. 6.1 Zeitwichtung der LMM MA 2007

| Gesamtdauer dieser Tätigkeit pro Schicht [bis ... Stunden] | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| Zeitwichtung | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 |

Abb. 6.2 Zeitwichtung der LMM MA 2011

In der Version 2007 wurde Bezug auf die Zeitskalen der konkurrierenden Methoden genommen (Abschn. 4.2.3). Dieser Ansatz basiert auf der Rechnung, dass sich bei einer Schichtdauer von 7 bis 8 Stunden unter Berücksichtigung von Verteilzeiten maximale Belastungszeiten von 6 bis 7 Stunden ergeben. Mit der Zeitwichtung war nur eine Differenzierung der Belastungszeit von 2 bis 6 Stunden möglich.

Wie das Evaluationsprojekt zeigte, sind aber auch bei häufigen Tätigkeitswechseln Belastungszeiten unter 2 Stunden und in einigen Fällen auch effektive Belastungszeiten >8 Stunden möglich. Technologiebedingt wurden in einem Fall in 12-Stunden-

schichten mit Belastungszeiten von 10 Stunden gearbeitet. Um eine differenzierte Wichtung der Belastungszeiten zu ermöglichen wurde die Skale verlängert. Ein weiteres Ergebnis des Evaluationsprojektes war die Feststellung eines zu starken Einflusses der Zeitwichtung auf den Punktwert, der zugleich die Differenzierungsmöglichkeit der anderen Leitmerkmale einschränkte. Aus diesem Grund erfolgte eine Verringerung der Höhe der Wichtungszahlen.

Ein weiterer Aspekt war die Art der Stufung. Bei der LMM HHT wurde für die Zeitwichtung eine Potenzfunktion $y = 0,5852 \cdot x^{0,3984}$ mit dem Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,9958$ zugrunde gelegt. Die Begründung dafür war die höhere Wichtung des biomechanischen Anteils der Belastung durch Exponentialfunktion bei der Last- und Haltungswichtung.

OCRA CL, SI und ART verwenden ebenfalls eine nichtlineare Skalierung (Abschn. 4.2.3). Mathematische Funktionen lassen sich daraus zwar ableiten, sind aber aufgrund der annähernd gleichen Bestimmtheitsmaße für lineare, polynomische, potenzielle und exponentielle Zusammenhänge vermutlich nicht die Grundlage gewesen. Für die LMM MA 2011 wurde eine lineare Stufung wie bei ManTRA und HARM gewählt. Analog zur LMM HHT wurde auch eine mögliche Stufung nach einer Potenzfunktion geprüft, da, wie im nächsten Abschnitt beschrieben wird, die Kraftwichtungen nicht linear gestuft sind. Weil die weiteren Leitmerkmale linear gestuft sind, wurde dieser Ansatz jedoch nicht weiter verfolgt.

Die neue Zeitwichtung erlaubt bei Bedarf auch die eine genauere Zeitskalierung. Nach der Berechnungsformel

$$ZW = \text{Gesamtdauer [h]} : 2 + 0,5 \quad (6.3)$$

können Zwischenwerte errechnet werden. Unterhalb einer Stunde bleibt der Wert allerdings immer 1.

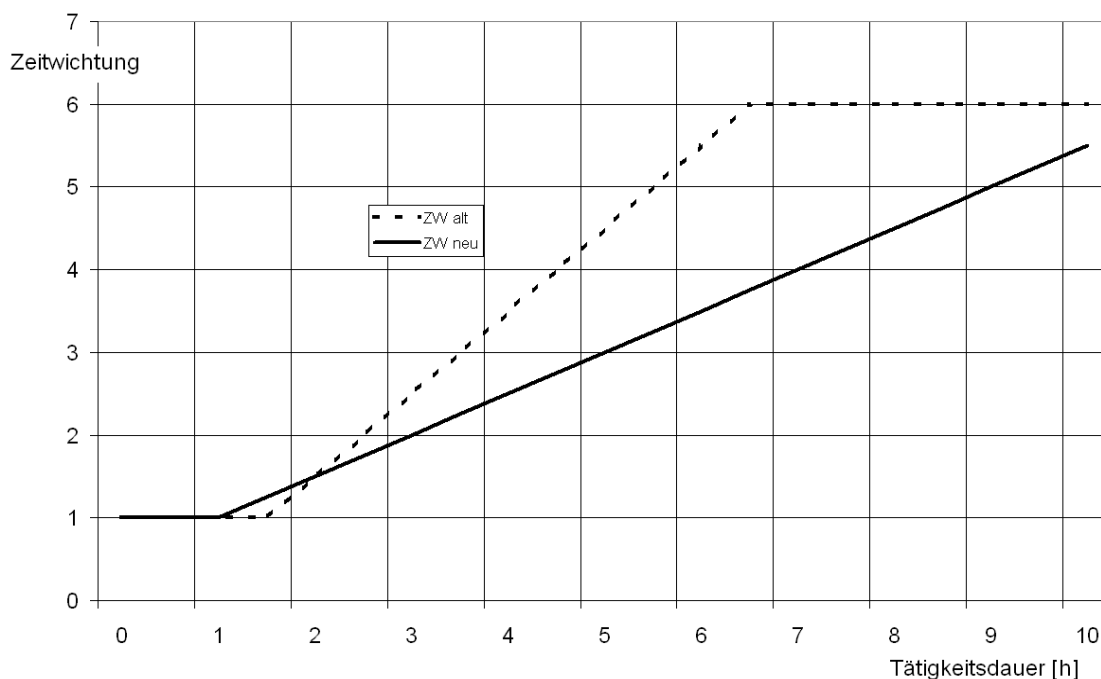


Abb. 6.3 Vergleich der Zeitwichtungen der LMM MA 2007 und 2011

6.2.2 Wichtung der Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich

Die eindimensionale Wichtung der Krafthöhe, wie sie in den Methoden SI, TLV HAL, ManTRA und OCRA CL erfolgt, erlaubt nur eine pauschale Gesamtbetrachtung der Kraftausübung. Da aber die meisten manuellen Arbeitsprozesse aus mehreren unterschiedlichen Kraftausübungen bestehen, ist eine differenzierte Darstellung erforderlich. Für die LMM MA wurde deshalb die mehrdimensionale Wichtung der Kraft in Matrixform gewählt.

| 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 | |
| Höhe *) | Beschreibung, typische Beispiele | | Wichtung | | | Wichtung | | | | |
| sehr gering < 20 g < 0,2 N | Ausübung von leichtem Druck durch Finger Tastenbedienung / 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 Fingerzufassung Halten / Materialführung / Fügen | | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| mittel 100 ... 500 g 1 ... 5 N | Fingerzufassung 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 | Handzufassung 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 | - | - |
| hoch 1 ... 2,5 kg 10 ... 25 N | Kraftbetonte Handzufassung Schneiden mit Scheren 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 | | - | - | 7 | 5 | 7 | - | - | - |
| | Schlagen mit Handfläche oder Faust | | - | - | - | 3 | 4 | 6 | 8 | - |

Abb. 6.4 Wichtung der Kraftausübung der LMM MA 2007

Den Methodenentwicklern war bewusst, dass dieser Weg problematisch ist. Deshalb wurde die Kraftwichtung bei der Methodentestung besonders kritisch beachtet. Insgesamt ist festzustellen, dass die Akzeptanz bei den Anwendern gut war und sich die Beurteilerdifferenzen in Grenzen hielten. Bei der methodenkritischen Analyse wurden insbesondere die nachfolgend genannten Defizite deutlich.

- In der LMM MA 2007 war eine obere Kraftgrenze von 50 N bzw. 5 kg festgelegt. Begründet wurde sie mit der Abgrenzung zur manuellen Lastenhandhabung und der Analogie zu den Methoden mit Bezug zu Tätigkeiten mit sehr hohen Wiederholgraden bei geringer Krafthöhe. Sie erwies sich als unrealistisch, da in der Praxis sehr häufig auch deutlich höhere Kräfte vorkommen. Der erweiterte Anwendungsbereich für alle Tätigkeiten mit überwiegender Belastung des Finger-Hand-Arm-Bereichs bei der Bearbeitung von Arbeitsgegenständen (manuelle Arbeiten) erfordert deshalb auch die Berücksichtigung von gelegentlichen höheren Aktionskräften.
- Die Vorschrift zur Ermittlung der Kraftwichtung war unkonkret. „Die grundsätzliche Regel hierfür ist die Verwendung des höchsten Wertes. Eine Erhöhung ist dann vorzunehmen, wenn mehrere gleichartige Kraftausübungen mit größerer

Häufigkeit vorkommen.“ (Zitat: Handlungsanleitung LMM MA 2007) Das führte bei etlichen Anwendern zu Unsicherheiten und in einigen Fällen zu Fehlbewertung.

- Die orientierenden Zusatzangaben der Höhe der Aktionskräfte in N bzw. des Lastgewichts in kg erwiesen sich als wenig hilfreich. Sie assoziieren eine Genauigkeit, die nicht vorhanden ist und setzt die Messbarkeit der Kräfte voraus. Die Mehrzahl der einzelnen Kraftaufwendungen verlaufen dynamisch, mit sich verändernden Krafthöhen und Richtungen. Im Rahmen von betrieblichen Gefährdungsbeurteilungen sind sie deshalb nicht messbar.
- Die optimale Kombination von Krafthöhe und Kraftübertragung (z. B. „Fingerzufassung: Greifen/Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen“) kann nicht vorausgesetzt werden. Es gab zahlreiche Fälle, in denen auch größere Kräfte mit Fingerzufassung übertragen werden mussten oder die Kraftübertragung behindert war.

Im Abschnitt 4.2.3 sind die unterschiedlichen Ansätze zur Skalierung der Aktionskräfte der konkurrierenden Methoden dargestellt. Fast alle Skalen sind nicht linear und ähneln in ihrer Form grob Exponentialgleichungen. ManTRA, HARM und ART differenzieren zusätzlich noch die Dauer/Häufigkeit der Krafteinwirkung. Die gewählten Ordinalskalen sind eher erfahrungsergonomisch als wissenschaftlich begründet.

Im Jahr 2009 wurde der „Montagespezifische Kraftatlas“ (WAKULA et al., 2009) publiziert. Neben der Ermittlung von perzentillierten isometrischen Maximalkräften enthält dieser Report u. a. auch eine aktuelle kritische Auseinandersetzung mit Kraftbewertungsverfahren. Allerdings fokussiert der Kraftatlas auf alle Formen der Kraftaufwendungen. Deshalb sind die verwertbaren Erkenntnisse für die Begründung der Kraftwichtung der LMM MA eher gering. In diesem Zusammenhang sind jedoch folgende Methoden interessant: Grenzkraftverfahren nach SIEMENS und dessen Derivate (BURANDT, 1978; SCHULTETUS, 1987; REFA 1993), EN 1005-3, sowie Tabellen für perzentillierte maximale isometrische Finger Hand-Kräfte (Abb. 5.1, 5.2). Da diese Methoden für die Arbeitsgestaltung gedacht sind und deshalb auf die Begrenzung von Einzelkraftaufwendungen abzielen, sind sie nicht als direkt konkurrierende Methoden zur LMM MA anzusehen, die ja in erster Linie die Belastung von manueller Arbeit mit mehreren Kraftfällen beurteilt. Wichtig allerdings sind die Grundsätze zur Limitierungen der Höhe der einzelnen Kraftaufwendungen in Abhängigkeit von der Dauer bzw. Häufigkeit dieser Kraftaufwendung. Hierzu werden die isometrischen maximalen Aktionskräfte durch Faktoren T_{dyn} und T_{stat} entsprechend ihrer Dauer/Häufigkeit reduziert (Abb. 6.5).

| Arbeitsblatt „Körperkräfte“ zum Ermitteln der Grenzkkräfte F_{gr} bzw. Grenzdrehmomente M_{gr} | | | |
|---|---|---|----|
| Dynamische Belastung | $F_{gr\ dyn} = T_{dyn} \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot F_{max}$ | = <input style="width: 40px;" type="text"/> | N |
| | $M_{gr\ dyn} = T_{dyn} \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot M_{max}$ | = <input style="width: 40px;" type="text"/> | Nm |
| Statische Belastung | $F_{gr\ stat} = [(F_{max} + F_A) \cdot T_{stat} \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3] - F_A$ | = <input style="width: 40px;" type="text"/> | N |
| | $M_{gr\ stat} = T_{stat} \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot M_{max}$ | = <input style="width: 40px;" type="text"/> | Nm |

| | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--|---|---|---|------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 60px; margin: 0 auto;">Schritt 1</div> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">↓</div> | <div style="font-size: 2em;">{</div> | dynamische Belastung → <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Schritt 1a</div> | T_{dyn} (aus Bild 19 bestimmen) | <input style="width: 40px;" type="text"/> | T_{dyn} | |
| | <div style="font-size: 2em;">}</div> | oder | → <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Schritt 1b</div> | T_{stat} (aus Bild 21 bestimmen) | <input style="width: 40px;" type="text"/> | T_{stat} |

Abb. 6.5 Arbeitsblatt zur Ermittlung von Grenzkraften und Grenzdrehmomenten (aus: „Firmeninterne Schulungsunterlage zur Arbeitsgestaltung“, Hrsg. Siemens AG 1978)

Die weiteren Faktoren sind: P1 für das Geschlecht (Männer 1, Frauen 0,65), P2 für das Alter und P3 für die Konstitution und Trainiertheit.

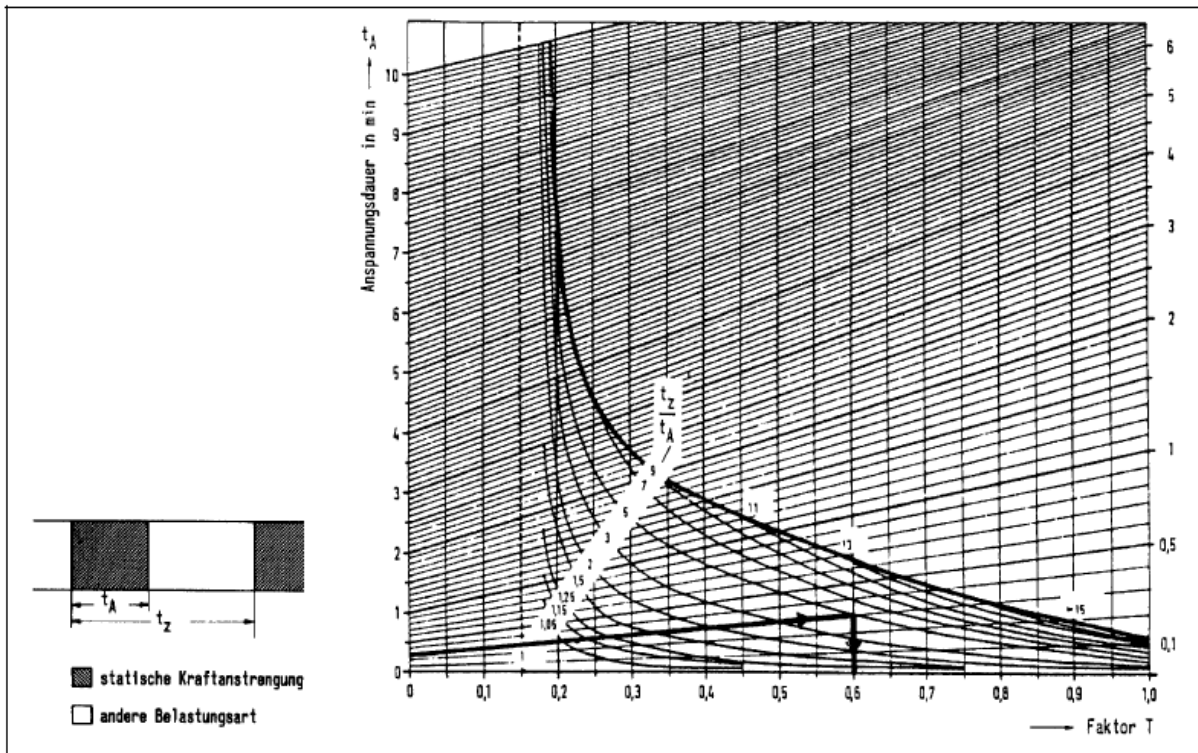


Abb. 6.6 Faktor T_{stat} zur Berücksichtigung der Dauer von statischen Kräfteaufwendungen nach ROHMERT (1960), entnommen aus „Montagespezifischer Kraftatlas“ (WAKULA et al. 2009, Abb. 5.12)

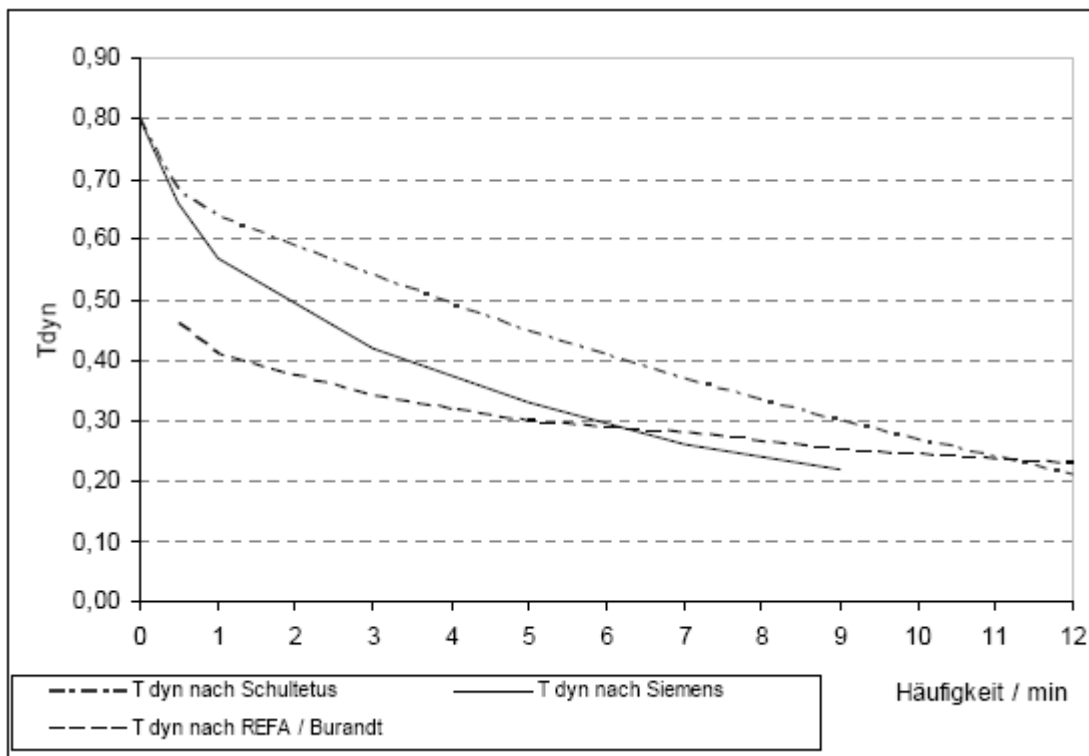


Abb. 6.7 Vergleich der Dynamikfaktoren T_{dyn} von verschiedenen Autoren zur Berücksichtigung der Häufigkeit bei dynamisch schweren Kraftaufwendungen des Armsystems, entnommen aus „Montagespezifischer Kraftatlas“ (WAKULA et al., 2009, Abb. 5.23)

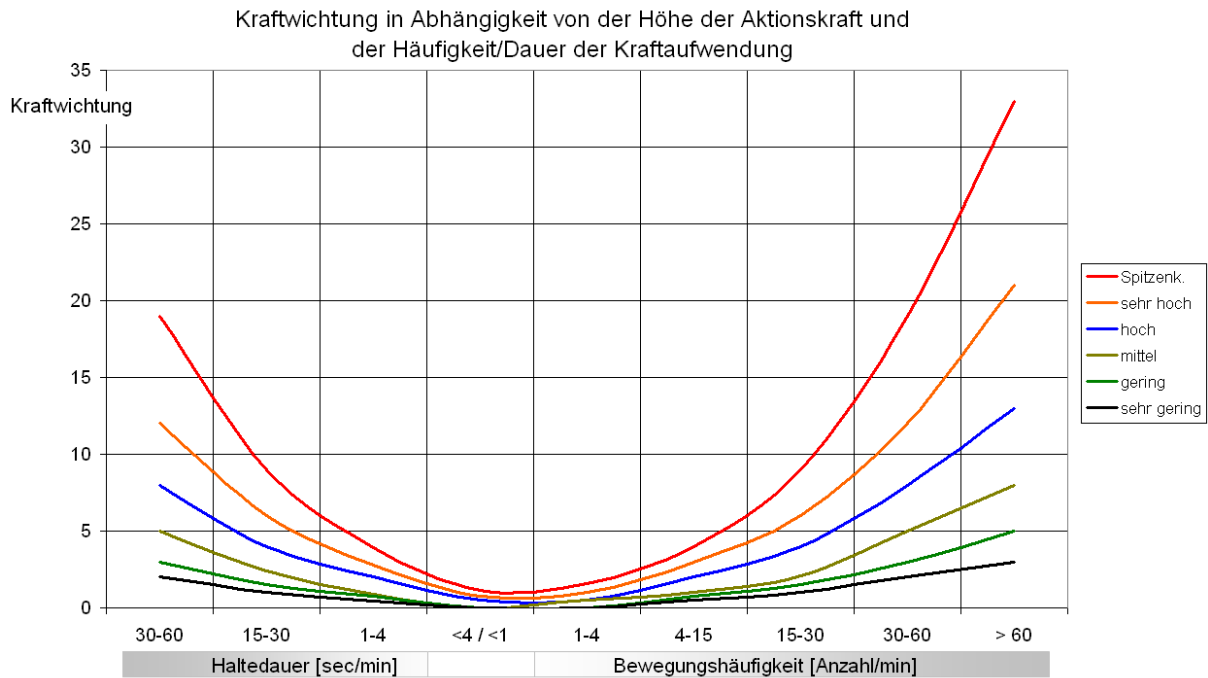
Bei beiden Faktoren T_{dyn} und T_{stat} besteht offensichtlich ein hyperbelartiger Zusammenhang von Krafthöhe zur Dauer bzw. Häufigkeit. Das heißt einerseits, dass mit zunehmender Dauer/Häufigkeit die erträgliche Krafthöhe stark abnimmt und andererseits, dass bei zunehmend höheren Kraftaufwendungen die erforderlichen Erholzeiten länger werden.

Es wäre wünschenswert, wenn diese Zusammenhänge vollständig erforscht wären und übernommen werden könnten. Leider ist die wissenschaftliche Datenlage noch defizitär. Eine vollständige Begründung von Erholzeitzuschlägen für relevante Muskelgruppen unter Berücksichtigung statischer und dynamischer Belastungsanteile fehlt. Eine Erarbeitung innerhalb dieses Entwicklungsprojektes war aus Kapazitätsgründen nicht annähernd möglich.

Wegen dieser unbefriedigenden Datenlage musste ein pragmatischer Zugangsweg gewählt werden. Die oben beschriebenen Grundzusammenhänge sind erfahrungsergonomisch nachvollziehbar, auch in den anderen Methoden (SI, TLV HAL, OCRA CL, ManTRA, HARM und ART) zugrunde gelegt und wurden letztlich auch durch die Ergebnisse der Kriteriumsvalidierung der LMM MA bestätigt. Deshalb wurde die Tabellenform zur Kraftskalierung mit den Dimensionen Krafthöhe und Dauer/Häufigkeit beibehalten und präzisiert. Dabei wird die Dimension Dauer/Häufigkeit durch den exponentiellen Verlauf und die Dimension Krafthöhe durch unterschiedliche Kurven grafisch dargestellt (Abb. 6.8). Die Skalenwerte der Kraftskalierung folgen einer geometrischen Stufung (Tab. 6.1).

Tab. 6.1 Geometrische Stufung der Kraftwichtung

| | | | | | | |
|-------------|-------------|--------|--------|------|-----------|---------------|
| Krafthöhe: | sehr gering | gering | mittel | hoch | sehr hoch | Spitzenkräfte |
| Skalenwert: | 1 | 1,6 | 2,5 | 4 | 6,3 | 10 |

**Abb. 6.8** Zusammenhänge der Kraftwichtung in Abhängigkeit von der Höhe der Aktionskraft und der Häufigkeit/Dauer der Kraftaufwendungen

Die in der Abbildung 6.8 dargestellten Zusammenhänge sind die Grundlage der überarbeiteten Tabelle zur Kraftwichtung (Abb. 6.9).

| Art der Kraftausübung(en) im Finger- Handbereich | | Halten | | | | Bewegen | | | | | |
|---|--|---|-------|------|-----|---|--------------------------------------|------|-------------|--------------|-----|
| | | mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | |
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele | 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 |
|  <p>gering</p> <p>hoch</p> | | Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | |
| | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden. | | | | | | | Wichtungen der Kraftausübung: | | Linke Hand: | Rechte Hand: | |

Abb. 6.9 Kraftwichtung der LMM MA 2011

Gegenüber dem Entwurf von 2007 ist neu, dass eine getrennte Berücksichtigung der linken und rechten Hand im Formblatt ermöglicht wird. Eine Unterscheidung zwischen Rechts- und Linkshändern wird allerdings nicht vorgenommen, da mit den LMM die Tätigkeit und nicht die Person bewertet wird. Während im Entwurf von 2007 nur der in der Tabelle abgelesene höchste Wert für die weiteren Berechnungen herangezogen wurde, findet nun eine Verrechnung aller Punktwerte (jeweils für rechte und linke Hand getrennt) statt. Hierbei ist zu beachten, dass bei gleichzeitiger dynamischer und statischer Arbeit (z. B. Bewegen einer Lackierpistole bei ausgestrecktem Arm), nur die Werte für die Bewegungshäufigkeiten berücksichtigt werden. Auch in der LMM MA 2011 wurden die geschlechtsbedingten Differenzen in der Maximalkraft nicht berücksichtigt. Nach den Darstellungen in der Literatur und den eigenen Messungen zu Kraftdifferenzen liegen die Unterschiede zwischen Männern und Frauen bei 1 zu $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ (Abschn. 5.7). Allerdings streuen die Werte sehr stark und hängen von der Art der Kraftausübung und Geschicklichkeit ab. Eine pauschale Erhöhung der Wichtungszahlen für Frauen um einen Faktor 1,5 ... 2 war deshalb nicht sinnvoll.

6.2.3 Wichtung der Kraftübertragung/Greifbedingungen

Die Wichtung der Kraftübertragung, Greifbedingungen und Griffqualität war im Entwurf der LMM MA 2007 nicht explizit berücksichtigt. Einzelne Kriterien waren in der Tabelle zur Wichtung der Ausführungsbedingungen berücksichtigt: „gute Greifbarkeit“, „schlechte Greifbarkeit durch grobe Handschuhe“.

Bei OCRA CL erfolgt die Berücksichtigung hinsichtlich der drei Greifformen Fingerzufassungsgriff, Handzufassungsgriff und Handflächengriff für drei Zeitkategorien: $\frac{1}{3}$ der Zeit, mehr als die Hälfte der Zeit, fast immer. Eine Berücksichtigung der Krafthöhe erfolgt nicht.

Bei ART werden Fingerzufassung und Handflächengriff für zwei Zeitkategorien („für einen Teil der Zeit“, „für mehr als die Hälfte der Zeit“) skaliert. Der „Kraftgriff oder die nicht behinderte Krafteinleitung“ wird als optimal angesetzt und nicht gewichtet.

Der Fingerzufassungsgriff wird bei diesen Methoden unter „Generalverdacht“ gestellt. Zur Übertragung kleiner Kräfte mit hoher Bewegungsgenauigkeit ist aber nur diese Form der Kraftübertragung möglich. Auch der Zufassungsgriff mit vier Fingern plus Daumen ist bei großen Objekten die einzig mögliche Form der Krafteinleitung. Andererseits ist die Kraftübertragung mit dem Kraftgriff bei ungeeigneten Griffen und/oder schmierigen Oberflächen erheblich behindert. Die Zuordnung zu den o. g. Greifarten bei OCRA CL und ART erscheint deshalb nach Auswertung der Ergebnisse der Validierung der LMM MA nicht sinnvoll (Hinweis: Die hier genannten und weitere Formen der Kraftübertragung sind im Anhang 3 ausführlich dargestellt.)

Bei der Validierung der Methode wurde deutlich, dass die erforderliche Finger-/Handkraft nicht nur von der Höhe der Aktionskraft abhängt, sondern in erheblichem Maß auch von der Qualität der Krafteinleitung. Das Abziehen von mit Gleitmitteln versehenen Gummiteilen aus einer Form, das Aufziehen von eng genähten Sitzpolstern auf ein Gestell oder das Halten von Transportbehältern an zu kleinen Griffen mit Fingerzufassung sind Beispiele dafür, dass die Haltekräfte sehr viel höher sein können als die eigentlichen Wirkkräfte. Eine gute Kraftübertragung berücksichtigt die Krafthöhe, die Bewegungspräzision, die Geometrie der Krafteinleitungsstelle und minimiert so die Verlustkräfte.

Da mit der LMM MA 2007 diese Zusammenhänge nicht abgebildet werden konnten, wurde ein zusätzliches Leitmerkmal Kraftübertragung/Greifbedingungen aufgenommen. Aufgrund des erheblichen Einflusses der Kraftübertragung auf die Belastung des Hand-Arm-Systems sind die Wichtungszahlen vergleichsweise hoch. Grundlagen für diese Tabelle sind in der umfangreichen arbeitswissenschaftlichen Literatur zu finden. Bereits 1968 haben MAUL und SOLF (1968) eine Arbeit zur Griffgestaltung von Schraubendrehern geschrieben. Strasser et al. hat über viele Jahre hinweg die elektromyografischen Muskelaktivitäten bei unterschiedlichen manuellen Tätigkeiten untersucht (z. B. WANG und STRASSER, 1993). Aktuelle Arbeiten beziehen sich auf den Einfluss von Handschuhen auf die Kraftübertragung (DONG et al., 2009; SUNG und LEE, 2009), auf biomechanische Betrachtungen verschiedener Griffarten REMPEL et al., 2009; RADWIN et al., 2009) und auf Unterschiede zwischen scharfen und stumpfen Werkzeugen (HAYAKAWA et al., 2009). Mit der direkten Frage der Kraftübertragung von der Hand auf das Werkzeug oder das Arbeitsobjekt befassten sich u. a. IRWIN und RADWIN (2009), BAE und ARMSTRONG (2009) sowie YOUNG et al. (2009).

Für die Revision der LMM MA war es erforderlich, die zahlreichen, aber insgesamt fragmentarischen Fallbeispiele und grundsätzlichen Erkenntnisse für eine Screeningmethode zu operationalisieren. Deshalb wurden diese Fallbeispiele mit eigenen Kraftmessungen ergänzt. (Abschn. 5).




| Kraftübertragung / Greifbedingungen | Wichtung |
|---|----------|
| Optimale Kraftübertragung/-einleitung / Arbeitsgegenstände gut greifbar (z.B. Stabform, Griffmulden) / gute ergonomische Griffgestaltung (Griffe, Tasten, Werkzeuge) | 0 |
| Eingeschränkte Kraftübertragung/-einleitung / erhöhte Haltekräfte erforderlich / keine gestalteten Griffe | 2 |
| Kraftübertragung/-einleitung erheblich behindert / Arbeitsgegenstände kaum greifbar (schmierig, weich, scharfkantig) / keine oder ungeeignete Griffe | 4 |

Abb. 6.10 Wichtung der Kraftübertragung/Greifbedingungen der LMM MA 2011

Diese Tabelle wird in der „Ausführlichen Handlungsanleitung zur Anwendung der Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse“ (STEINBERG et al., 2012) mit Praxisbeispielen und Wichtungsempfehlungen ergänzt (Anh. 3).




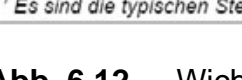
6.2.4 Wichtung der Hand-/Armstellung und -bewegung

Da es bei der Anwendung dieser Tabelle wenige Probleme gab, sind die Änderungen der Wichtung der Hand-/Armstellung und -bewegung im Vergleich zu den vorangegangenen drei Wichtungen nur gering. Es sind begriffliche Vereinfachungen, die funktionelle Zuordnung des Greifens über Schulterhöhe zur Wichtung der Körperhaltung und die Ergänzung der Wichtungszahl 3 für sehr ungünstige Hand-Arm-Stellungen. Diese Erhöhung resultiert zum Einen aus der Verringerung der Wichtungszahlen der Zeitwichtung, zum Anderen aber auch aus den Erfahrungen bei der Validierung. „Schlechte“ Hand-/Arm-Stellungen sind zwar vergleichsweise selten, werden aber von den Beschäftigten als sehr beanspruchend wahrgenommen.

| Hand-/Armstellung und -Bewegung **) | Wichtung |
|--|----------|
|  <p>Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur gelegentliche Abweichungen / überwiegend körpernahe Armhaltung / nur gelegentliches Greifen über Schulterhöhe</p> | 0 |
|  <p>Eingeschränkt: Häufigere Stellung oder Bewegung der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / häufiger körperfernes Greifen / häufigeres Greifen über Schulterhöhe</p> | 1 |
|  <p>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</p> | 2 |

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

Abb. 6.11 Wichtung der Hand-/Armstellung und -bewegung LMM MA 2007

| Hand-/Armstellung und -bewegung ¹⁾ | Wichtung |
|---|----------|
|  <p>Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur selten Abweichungen</p> | 0 |
|  <p>Eingeschränkt: gelegentliche Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche</p> | 1 |
|  <p>Ungünstig: Häufige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche</p> | 2 |
|  <p>Schlecht: Ständige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung</p> | 3 |

¹⁾ Es sind die typischen Stellungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

Abb. 6.12 Wichtung der Hand-/Armstellung und -bewegung LMM MA 2011

6.2.5 Wichtung der Arbeitsorganisation

Die Wichtung der Arbeitsorganisation wurde präzisiert, ausschließlich auf arbeitsorganisatorische Merkmale eingeschränkt und bei fehlender Möglichkeit des Belastungswechsels mit einer erhöhten Wichtungszahl 2 ergänzt. Diese Erhöhung resultiert zum Einen aus der Verringerung der Wichtungszahlen der Zeitwichtung, zum Anderen aber auch aus den Erfahrungen bei der Validierung. „Kein/kaum Belastungswechsel“, wird von den Beschäftigten als sehr beanspruchend wahrgenommen.

| 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 |
| | 1 |

In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen.

Abb. 6.13 Wichtung der Arbeitsorganisation der LMM MA 2007

| Arbeitsorganisation | Wichtung |
|---|----------|
| Häufig Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / mehrere Arbeitsgänge / ausreichende Erholungsmöglichkeit | 0 |
| Selten Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Arbeitsgänge / Erholzeiten ausreichend | 1 |
| Kein/kaum Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Einzelbewegungen pro Vorgang / hohes Arbeitstempo durch hohe Austaktung und/oder hohe Akkordarbeitsleistung / ungleichmäßiger Arbeitsablauf mit zeitweise hohen Belastungsspitzen / zu wenig oder zu kurze Erholzeiten | 2 |

In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen.

Abb. 6.14 Wichtung der Arbeitsorganisation der LMM MA 2011

6.2.6 Wichtung der Ausführungsbedingungen

Die Wichtung der Ausführungsbedingungen wurde redaktionell überarbeitet und auf die arbeitsumweltbedingten Störgrößen im Zusammenhang mit der physischen Belastung präzisiert. Deshalb wurde das Merkmal „Greifbarkeit“ aus dieser Tabelle entnommen und als neue Wichtungstabelle in erweiterter Form definiert.

| Ausführungsbedingungen | Wichtung |
|--|----------|
| Gut: sichere Detailerkennbarkeit/ keine Blendung / gute klimatische Bedingungen / keine Behinderung der Bewegungsfreiheit / Bedien- und Anzeigeelemente im günstigen Bereich / gute Greifbarkeit | 0 |
| Eingeschränkt: erschwerte Detailerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Verschmutzung / Konzentrationsstörungen 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.

Abb. 6.15 Wichtung der Ausführungsbedingungen der LMM MA 2007

| Ausführungsbedingungen | Wichtung |
|--|----------|
| Gut: sichere Detailerkennbarkeit/ keine Blendung / gute klimatische Bedingungen | 0 |
| Eingeschränkt: erschwerte Detailerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Konzentrationsstörungen durch Geräusche | 1 |






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

Abb. 6.16 Wichtung der Ausführungsbedingungen der LMM MA 2011

6.2.7 Wichtung der Körperhaltung





Da es bei der Anwendung dieser Tabelle wenige Probleme gab, sind die Änderungen in der Tabelle zur Wichtung der Körperhaltung nur gering. Es sind begriffliche Vereinfachungen, die funktionelle Zuordnung des Greifens über Schulterhöhe und die Aufnahme von Rumpfbewegungen. Obwohl der Fokus der LMM MA auf die manuelle Arbeit gerichtet ist, gehören nicht selten auch Bücken, körperfernes Greifen und Arbeit über Schulterhöhe zum üblichen Arbeitsablauf. Meist sind es Materialbereitstel-

lungen und Verpacken. Da diese „schlechten“ Körperhaltungen von den Beschäftigten als sehr beanspruchend wahrgenommen werden, wurde die Wichtungszahl 5 für ungünstige und lang andauernde/häufige Körperhaltungen ergänzt. Dieser Entscheidung ging eine Fachdiskussion voraus. Manuelle Arbeitsprozesse finden nicht nur im Sitzen und Stehen statt, sondern in zahlreichen Fällen (z. B. Fahrzeugmontage auch im Liegen oder Hocken mit teilweise erheblichen Rumpfdrehungen und extremen Armhaltungen. In den Methoden EAWS, AAWS (SCHAUB, 2004) werden solche Haltungen berücksichtigt. Im „Montagespezifischen Kraftatlas“ (WAKULA et al., 2009) wird die zusätzliche Haltungsarbeit über einen „Physiologiefaktor“ berücksichtigt. Schon bei SÄMANN (1970), im Ovako Working Analysing System (KARHU et al., 1977) und vielen anderen Quellen werden ungünstige Körperhaltungen als erheblich belastend eingestuft. Die Einbeziehung der o. g. Körperhaltungen erfordert einen grundsätzlich veränderten inhaltlichen Ansatz der LMM MA. Da bereits konzeptionelle Ansätze für eine gesonderte Haltungsbewertung in einem künftigen Gesamtsystem der LMM bestehen, bleibt der Geltungsbereich der LMM MA unverändert und es werden nur manuelle Arbeiten mit den in der Abbildung 6.18 gezeigten Körperhaltungen berücksichtigt.

| Körperhaltung **) | Wichtung |
|--|----------|
|  <p>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</p> | 0 |
|  <p>Eingeschränkt: 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 |
|  <p>Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung</p> | 2 |
|  <p>Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung</p> | 3 |
|  <p>Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung</p> | 4 |

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

Abb. 6.17 Körperhaltungswichtung LMM MA 2007

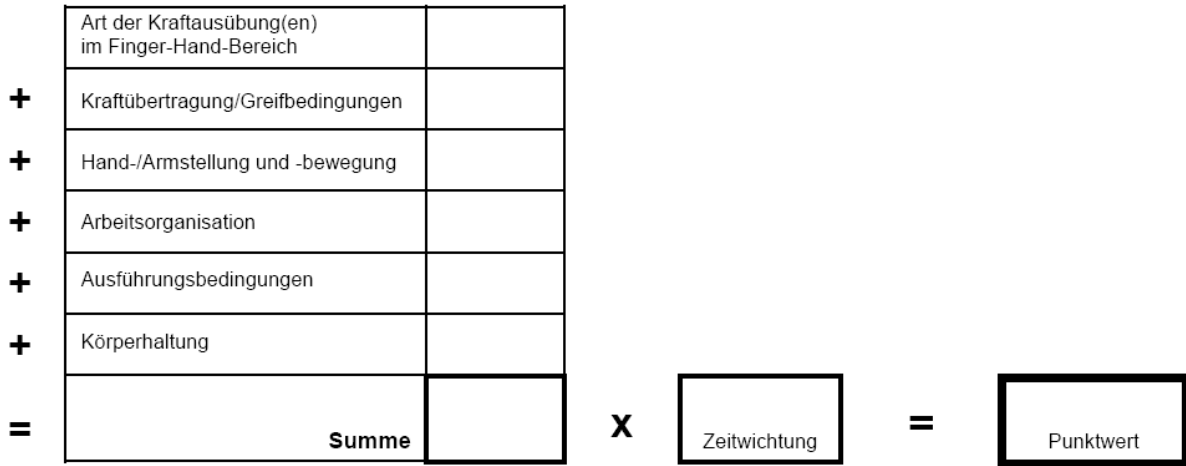
| Körperhaltung **) | Wichtung |
|---|----------|
|  <p>Gut: Wechsel von Sitzen und Stehen möglich / Wechsel von Stehen und Gehen / dynamisches Sitzen ist möglich / Hand-Arm-Auflage bei Bedarf möglich / keine Verdrehung / Kopfhaltung variabel / kein Greifen über Schulterhöhe</p> | 0 |
|  <p>Eingeschränkt: Rumpf mit leichter Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / überwiegend Sitzen mit gelegentlichem Stehen oder Gehen / gelegentliches Greifen über Schulterhöhe</p> | 1 |
|  <p>Ungünstig: Rumpf deutlich vorgeneigt und/oder verdreht / Kopfhaltung zur Detailerkennung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Stehen ohne Gehen / häufiges Greifen über Schulterhöhe / häufiges körperfernes Greifen</p> | 3 |
|  <p>Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung / häufiges Bücken / ständiges Greifen über Schulterhöhe / ständiges körperfernes Greifen</p> | 5 |

**) Es sind die typischen Körperhaltungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

Abb. 6.18 Körperhaltungswichtung LMM MA 2011

6.2.8 Bewertung

Die Rechenvorschrift wurde beibehalten, allerdings entsprechend der neuen Formblattstruktur angepasst (Abschn. 6.2.9).



| 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 zu prüfen. |
| 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.

Abb. 6.19 Rechenvorschrift und Tabelle zur Bewertung der LMM MA 2011

In der Tabelle Risikobereich 3 wurde der Textteil „Erhöhte Belastung, Gestaltungsmaßnahmen sind angezeigt“ der LMM HHT, LMM ZS und MA 2007 durch die geänderte Formulierung „Erhöhte Belastung, Gestaltungsmaßnahmen sind zu prüfen“ ersetzt. Der Grund dafür ist, dass es häufig Probleme bei den Anwendern gab, wie der Begriff „angezeigt“ zu interpretieren sei. Insbesondere ging es um die Frage einer möglichen Handlungspflicht.

6.2.9 Strukturelle Änderungen

Die Reihenfolge der Leitmerkmale wurde umgestellt. Die wichtigsten Leitmerkmale Tätigkeitsdauer, Kraft, Kraftübertragung, Hand-/Armstellung und -bewegung und Arbeitsorganisation werden auf der ersten Seite zusammengefasst. Sie bilden den Komplex „Belastung der oberen Extremitäten“ analog zu OCRA CL, SI, HARM und ART ab. Auf der zweiten Seite werden ergänzend Körperhaltungen und Ausführungsbedingungen erfasst. Zur Bildung des Gesamtscores werden aber alle Leitmerkmalwichtungen verrechnet.

6.3 Die LMM MA E (Experten-Screening)

Die Leitmerkmalmethoden sind in den Grundversionen auf die Beurteilung von Einzeltätigkeiten mit Ordinalskalierungen ausgelegt. Für orientierende Analysen auf der Ebene des „speziellen Screenings“ sind die Ergebnisse ausreichend. Für die Beurteilung von ganztägigen Arbeitsaufgaben mit zwei und mehr unterschiedlichen Tätigkeiten und für eine differenziertere Beurteilung sind methodische Erweiterungen erforderlich. Im Konzept der Methoden zur Beurteilung der physischen Belastungen werden diese der Ebene „Experten-Screening-Verfahren“ zugeordnet.



Abb. 6.20 Ebenen im Konzept zur Beurteilung der Arbeitsbelastung bei physischen Belastungen (GDA-Arbeitsgruppe „Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen“)

Methodisch relativ einfach umzusetzen ist die Forderung nach differenzierteren Analysen. Ausgehend von den Grundmethoden ist dies durch interpolierte Zwischenwerte und eine genaue Arbeitsanalyse möglich. Die groben Ordinalstufungen der Wichtigkeitstabellen können durch Zwischenstufen oder, wenn die Merkmale metrisch sind (z. B. Lastgewicht oder Zeitdauer), durch mathematische Funktionen dargestellt werden. Für die LMM HHT wurde das von einigen Anwendern bereits eigenständig weiterentwickelt und im Rahmen der Arbeiten zur Revision bereits getestet (SCHAUB et al., 2010).

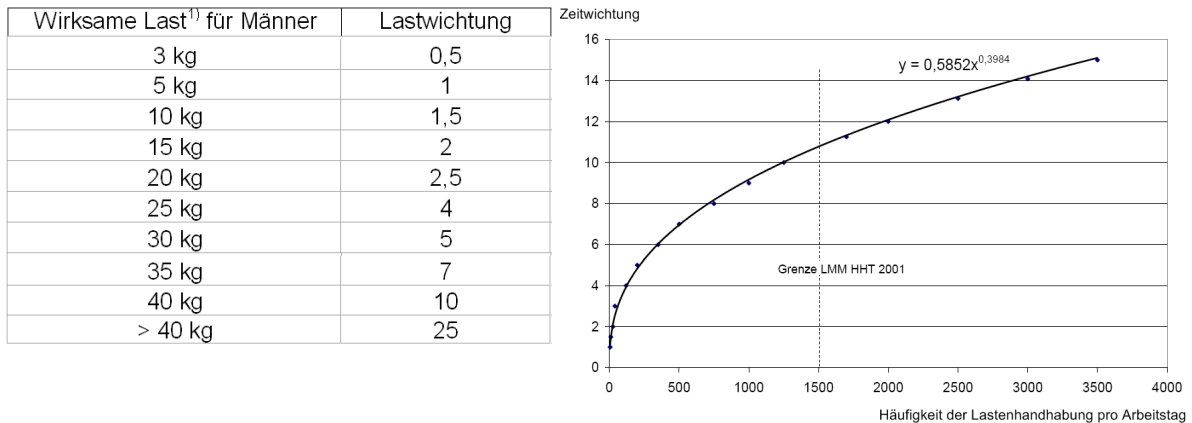


Abb. 6.21 Beispiele für eine differenziertere Wichtung der Leitmerkmale der LMM HHT 2001

Für die LMM MA 2011 ist eine genauere Zeitwichtung mit der Formel 6.3 nach Abbildung 6.22 möglich.

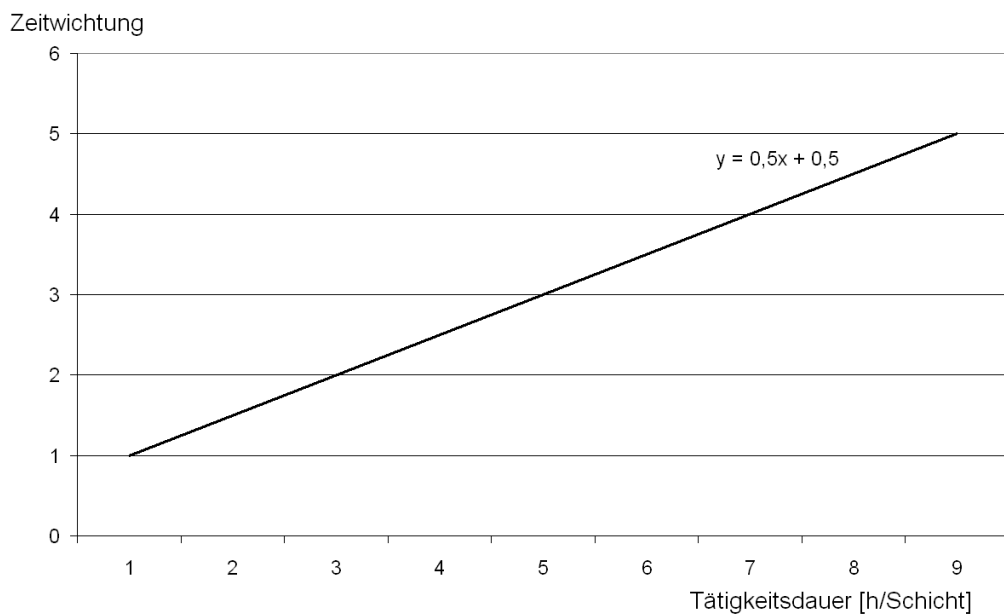


Abb. 6.22 Differenziertere Wichtung des Leitmerkmals Tätigkeitsdauer der LMM MA 2011 (Abschn. 6.2.1)

Da die anderen Wichtungsskalen mathematisch nicht abgebildet werden können, muss für eine differenzierte Analyse interpoliert werden. Aufgrund der bis auf die Kraftskale einfachen Stufung bereitet das den Anwendern keine Probleme. Bei der Kraftskalierung in der LMM MA 2011 sind die Stufungen von vorn herein enger. Durch die Verwendung von diskreten Angaben zur Häufigkeit/Dauer, kann diese Stufung weiter verringert werden.

Problembehaftet hingegen ist die zusammenfassende Beurteilung von unterschiedlichen Teiltätigkeiten. Hier sind mehrere grundsätzliche Aspekte zu beachten. Damit unterschiedliche Tätigkeiten beurteilt werden können, müssen sie vorerst von einander abgegrenzt werden. Hier stellt sich die Frage, wie die „Unterschiedlichkeit“

definiert wird. Eine konsequente Teilung würde schon bei einzelnen Handgriffen beginnen, da jeweils unterschiedliche Muskelgruppen belastet werden. Diese Partikulierung von Arbeitsabläufen ist aber für eine praxisorientierte Gefährdungsbeurteilung weder möglich noch sinnvoll. Aus diesem Grund ist der Bezug in der Grundversion der LMM MA die in sich abgeschlossene Tätigkeit, die eine technologisch sinnvolle Einheit bildet. Genau genommen erfolgt damit bereits eine Beurteilung von Misch-tätigkeiten. Da die LMM ohnehin nur allgemein den Grad der Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung bewerten, ist das zulässig.

In der betrieblichen Praxis ist es zur Vermeidung von einseitiger Belastung bei manuellen Arbeitsprozessen üblich, dass von einem Beschäftigten mehrere unterschiedliche Arbeitsaufgaben nacheinander ausgeführt werden. Mit der Grundversion der LMM MA lässt sich aber immer nur eine Tätigkeit bewerten. Eine dringliche Forderung der Praktiker ist deshalb die Möglichkeit einer zusammenfassenden Gesamtbeurteilung.

Im Rahmen der Testung der Kriteriumsvalidität der LMM MA 2007 (Abschn. 4.1.5) wurde ein Bezug zwischen den Arbeitsanforderungen/Belastungen und spezifischen gesundheitlichen Beschwerden gesucht. Da aber mehrere der untersuchten Tätigkeiten Misch-tätigkeiten waren, stellte sich auch hier die Frage nach einer zusammenfassenden Beurteilung. Ein Teil des Projektes war deshalb die Entwicklung eines Algorithmus zur zusammenfassenden Beurteilung von unterschiedlichen Tätigkeiten der manuellen Arbeitsprozesse.

Da gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse fehlen und in vergleichbaren Methoden darauf nicht Bezug genommen wird, musste ein Neuansatz gewählt werden. Weil schon die Grundversionen der LMM mit mittleren Werten arbeiten (z. B. Lastwichtung der LMM HHT: „Werden im Verlauf der zu beurteilenden Teiltätigkeit unterschiedliche Lasten gehandhabt, so kann ein Mittelwert gebildet werden ...“), wurde als Ausgangsmodell die zeitgewichtete Mittelwertbildung gewählt. Dieser Ansatz wird auch beim OCRA Index und der OCRA CL (OCCHIPINTI und COLOMBINI, 2009) zugrunde gelegt.

Die Bildung eines Gesamtpunktwertes (im folgenden Beispiel für vier Teiltätigkeiten A ... D) erfolgt als zeitgewichtetes Mittel nach der Formel:

$$P_{ges} = P_A \cdot t_A/T + P_B \cdot t_B/T + P_C \cdot t_C/T + P_D \cdot t_D/T \quad (6.4)$$

Dabei bedeuten:

| | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|
| Teiltätigkeiten | A | B | C | D |
| Ermittelter Punktwert | P_A | P_B | P_C | P_D |
| Absolute Zeitanteile pro Schicht | t_A | t_B | t_C | t_D |
| Gesamtzeit | $T = t_A + t_B + t_C + t_D$ | | | |
| Relative Zeitanteile pro Schicht | t_A/T | t_B/T | t_C/T | t_D/T |

Diese Berechnung funktioniert gerade noch als „Papier & Bleistift“-Version. Im Validierungsprojekt und in der Testversion wurde allerdings mit der Excel-Tabellenkalkulation gearbeitet. Die Beurteilungsprozedur wird unverändert übernommen. Die Zeit- und Kraftskalierung erfolgt jedoch mit direkten Skalenwerten. Während z. B. in der „Papier & Bleistift“-Version eine Häufigkeit von 42 min^{-1} in der Spalte 31-60 vermerkt wird, wird in der Excelversion die 42 direkt eingetragen.

Das Ergebnis ist eine Gesamtpunktwert und eine Übersichtstabelle über die Höhe der jeweiligen Leitmerkmale. In Abbildung 6.23 ist diese Tabelle für ein Beispiel mit vier Teiltätigkeiten dargestellt.

| Teilaufgabe | Dauer [h] | Einzelwichtungen | | | | | | | | | | Punkte | | |
|-------------|--------------|------------------|-----------|------------------|-----------|----------------|-----------|-----------|-------|---------|------|------------|----|--------|
| | | Krafthöhe | | Kraftübertragung | | Gelenkstellung | | Arb.-Org. | Ausf. | Haltung | Zeit | | | |
| | | <i>ii</i> | <i>re</i> | <i>ii</i> | <i>re</i> | <i>ii</i> | <i>re</i> | | | | | | | |
| A | 3,5 | 2,9 | 2,1 | 1,7 | 0,8 | 1,8 | 0,5 | 1,0 | 0,0 | 3,0 | 2,3 | 24 | | |
| B | 1,0 | 4,1 | 6,1 | 1,4 | 2,0 | 1,7 | 1,2 | 1,0 | 0,0 | 3,0 | 1,0 | 13 | | |
| C | 0,8 | 8,3 | 14,6 | 1,7 | 2,3 | 2,0 | 1,1 | 1,0 | 0,0 | 3,0 | 0,9 | 20 | | |
| D | 1,3 | 12,5 | 12,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 1,2 | 24 | | |
| | 6,6 | | | | | | | | | | | Gesamtwert | 54 | Punkte |

Abb. 6.23 Beispiel für die Ergebnisübersicht der erweiterten LMM MA E

Da diese Version die Kriterien der Methodenebene Expertenscreening erfüllt, wurde sie mit dem Zusatz E als LMM MA E bezeichnet. Auf eine ausführliche Darstellung dieser Methode soll an dieser Stelle aus mehreren Gründen verzichtet werden. Der wichtigste Grund ist, dass die Erprobung noch nicht abgeschlossen ist. Obwohl bereits einige betriebliche Anwender eine positive Einschätzung abgegeben haben und darüber auch publiziert wurde (DEFFKE und BECKER, 2012) läuft das Erprobungsprogramm noch. Nach Abschluss wird ein gesonderter Bericht vorgelegt und die Excel-Version durch ein unempfindliches Rechenprogramm mit vereinfachter Bedienoberfläche ersetzt. Die LMM MA E kann nicht von der BAuA-Webseite herunter geladen werden. Sie wird aber im direkten Kontakt mit den Autoren zur Beteiligung am Erprobungsprogramm zur Verfügung gestellt.

Abschließend soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die LMM MA E nur auf Teiltätigkeiten angewendet werden darf, die auch dem Anwendungsbereich der LMM MA entsprechen. Eine Mischbewertung mit Tätigkeiten der Lastenhandhabung ist unzulässig.

Eine weitere wichtige Frage der Zusammenfassung von unterschiedlichen manuellen Tätigkeiten, die in längeren Zeitabschnitten wechseln, wurde im Zusammenhang mit der Evaluierung der LMM MA nicht behandelt.

OCCHIPINTI und COLOMBINI (2009) und ÁLVAREZ-CASADO et al. (2009) verwenden bei längeren Wechselzyklen nicht einen zeitgewichteten Mittelwert, sondern legen den zeitgewichteten Maximalwert zugrunde und addieren zu diesem die zeitgewichteten weiteren Einzelscores. Dieser Ansatz wurde bereits im Rahmen der Pflege und Weiterentwicklung des Systems LMM getestet. Das Gesamtergebnis erscheint schlüssig, wenn eine deutlich herausragende (Maximal-)Belastung das Profil dominiert. Gibt es allerdings zwei oder mehr gleich hohe Belastungen, dann führt dieser Ansatz de facto zu einer Addition der Einzelscores. Damit wird das Punktbewertungssystem ungültig. Da von den Autoren auch mit anderen mathematischen Ansätzen keine befriedigende Lösung gefunden werden konnte, musste diese Weiterentwicklung „vertagt“ werden.

7 Bestimmung der Gütekriterien der LMM MA 2011

7.1 Evaluierung bezüglich der Kriteriumsvalidität

7.1.1 Erläuterungen zur Evaluierung der LMM MA 2011 bezüglich der Präsenz von Beschwerden im Muskel-Skelett-System

Im Abschnitt 4.1 wurde dargestellt, dass zwischen der mit der Leitmerkalmethode LMM MA 2007 ermittelten Belastungshöhe bei manueller Arbeit und der Präsenz an Beschwerden im Bereich der oberen Extremitäten eine klare Dosis-Wirkungsbeziehung besteht. Die Validität der Leitmerkalmethode LMM MA 2007 hinsichtlich des betrachteten Kriteriums (Risiko für die Präsenz von Beschwerden) wird damit als gegeben angesehen. Aus den in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Gründen wurde die LMM MA 2007 überarbeitet. Diese Überarbeitung hat zur Folge, dass die Belastung anders beurteilt wird. Die Unterschiede der Beurteilungsergebnisse sind in Abbildungen 7.5 und 7.6 dargestellt. Einige Arbeitsplätze sind dabei einer anderen Risikokategorie zugeordnet worden. Deshalb musste geprüft werden, ob die Kriteriumsvalidität auch für die LMM MA 2011 erfüllt ist.

Das Vorgehen unterscheidet sich dabei nicht von der Methodik, wie sie im Abschnitt 4.1.1 dargestellt wurde. Als Hypothese wurde angenommen, dass Beschäftigte in Tätigkeiten mit erhöhten und hohen manuellen Anforderungen entsprechend der Bewertung mit LMM MA 2007 insbesondere im Bereich der oberen Extremitäten subjektiv und objektiv stärker beansprucht sind.

Als Zielvariable wurde jeweils die Prävalenz an Beschwerden in einer Körperregion gewählt, als Einflussvariable die Zuordnung des Arbeitsplatzes eines Probanden zu einer Belastungskategorie nach LMM MA (<10 Punkte, 10 bis <25 Punkte, 25 bis <50 Punkte, über 50 Punkte). Die Zugehörigkeit zu einer Belastungsgruppe (Risikokategorie nach LMM MA) wurde über Dummy-Variablen explizit definiert. Der Beta-Schätzer der jeweiligen Belastungskategorie wurde als Logarithmus des Prävalenzratios interpretiert.

Die Berechnung der Prävalenzratios über dieses Verfahren erfolgte einzeln für jede Zielgröße (Outcome). Soweit möglich, wurden die Modelle für Alter, Körpergröße und BMI adjustiert. Sämtliche Berechnungen erfolgten getrennt für beide Geschlechter.

Die Studienpopulation unterscheidet sich nicht von der Prüfung der Kriteriumsvalidität der LMM MA Version 2007 (Abschn. 4.1.2). Insgesamt konnten 642 Beschäftigte (207 Frauen, 435 Männer) mit Belastungen durch manuelle Arbeitsprozesse in die Auswertung eingeschlossen werden.

In den Tabellen 7.1 und 7.2 werden die Gesamtpunktsummen und die Zuordnung der Arbeitsplätze und damit der Beschäftigten zu Kategorien der LMM MA in den Versionen 2007 und 2011 gegenübergestellt. Beschäftigte, die bereits mit der LMM MA 2007 in die Risikobereiche <10 Punkte, 10 bis <25 sowie ab 50 Punkten eingeordnet wurden, wurden auch mit der LMM MA 2011 in diese Bereiche eingeordnet. Anders klassifiziert wurden lediglich einige Arbeitsplätze, die mit der LMM MA 2007 im Risikobereich 3 mit 25 bis <50 Punkten bewertet wurden. Ein Arbeitsplatz (Nr. 16 Sensorfertigung/Verpackung) wurde mit der LMM MA 2011 aus dem Risikobereich 3 (nach LMM MA 2007) in den Risikobereich 2 eingestuft. An drei Arbeitsplätzen wird die Belastung durch manuelle Arbeitsprozesse mit der

LMM MA 2011 in den Risikobereich 4 eingeordnet (Nr. 8 – Kunststoffoberflächenherstellung, Nr. 14 – Gummitank Reparatur, Nr. 13 – Maschinenbedienung A und Nr. 18 – Gummilabor). Insgesamt wurden dadurch 6 Beschäftigte aus dem Risikobereich 3 in den Risikobereich 2 und 61 Probanden aus dem Risikobereich 3 in den Risikobereich 4 verschoben. Die Neubeurteilung mit Risikobereich 4 betrifft insbesondere Arbeitsplätze, an denen Männer beschäftigt sind. Durch diese Reklassifizierung der Arbeitsplätze und Neuuzuordnung der Beschäftigten setzten sich die Probandenkollektive in den Risikokategorien anders zusammen. Änderungen in der Prävalenz an Beschwerden sind somit nicht auszuschließen.

Tab. 7.1 Verteilung der befragten Beschäftigten (Anzahl Beschäftigte) auf die LMM MA-Risikobereiche klassifiziert nach LMM MA 2007 und nach LMM MA 2011, stratifiziert nach Geschlecht. Grau schattierte Zellen: Beurteilung nach LMM MA 2007 und 2011 stimmen überein.

| Risikobereich nach LMM MA 2011 | | Risikobereich nach LMM MA 2007 | | | |
|--------------------------------|------------|--------------------------------|---------------|---------------|----------|
| | | <10 P. | 10 bis <25 P. | 25 bis <50 P. | ab 50 P. |
| Frauen | <10 | 306 | | | |
| | 10 bis <25 | | 70 | 5 | |
| | 25 bis <50 | | | 59 | |
| | ab 50 | | | 12 | 61 |
| Männer | <10 | 498 | | | |
| | 10 bis <25 | | 172 | 1 | |
| | 25 bis <50 | | | 23 | |
| | ab 50 | | | 49 | 190 |
| Gesamt | <10 | 804 | | | |
| | 10 bis <25 | | 242 | 6 | |
| | 25 bis <50 | | | 82 | |
| | ab 50 | | | 61 | 251 |

Tab. 7.2 Punktsummen und Zuordnung der untersuchten Tätigkeiten zu Risikobereichen unter Anwendung der LMM MA 2007 und der LMM MA 2011 (absteigend sortiert nach primärer Bewertung mit LMM MA 2007)

| Nr.* | Arbeitsplatz | Primäre Bewertung nach LMM MA 2007 | | Neubewertung in Bezug auf den Risikobereich | Sekundäre Bewertung nach LMM MA 2011 | |
|------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------|---|--------------------------------------|----------------------|
| | | Punktsumme | Risikobereich | | Punktsumme | Risikobereich |
| 7 | Schlauchvulkanisation | 70 | 4 (ab 50 P.) | ⇒ | 54 | 4 (ab 50 P.) |
| 4 | Punktschweißen | 66 | 4 (ab 50 P.) | ⇒ | 62 | 4 (ab 50 P.) |
| 11 | Gummitankfertigung | 65 | 4 (ab 50 P.) | ⇒ | 64 | 4 (ab 50 P.) |
| 5 | Polstern | 65 | 4 (ab 50 P.) | ⇒ | 69 | 4 (ab 50 P.) |
| 10 | Maschinenbedienung T3 | 60 | 4 (ab 50 P.) | ⇒ | 61 | 4 (ab 50 P.) |
| 9 | Maskenmontage | 52 | 4 (ab 50 P.) | ⇒ | 59 | 4 (ab 50 P.) |
| 13 | Maschinenbedienung A | 48 | 3 (25 bis <50 P.) | ↗ | 53 | 4 (ab 50 P.) |
| 12 | Maschinenbedienung KU | 48 | 3 (25 bis <50 P.) | ⇒ | 43 | 3 (25 bis <50 P.) |
| 14 | Gummitank Reparatur | 45 | 3 (25 bis <50 P.) | ↗ | 57 | 4 (ab 50 P.) |
| 8 | Kunststoffoberflächenherstellung | 45 | 3 (25 bis <50 P.) | ↗ | 52 | 4 (ab 50 P.) |
| 15 | Schutzanzugfertigung | 44 | 3 (25 bis <50 P.) | ⇒ | 45 | 3 (25 bis <50 P.) |
| 6 | Sensormontage | 38 | 3 (25 bis <50 P.) | ⇒ | 32 | 3 (25 bis <50 P.) |
| 17 | Formteilherstellung | 36 | 3 (25 bis <50 P.) | ⇒ | 33 | 3 (25 bis <50 P.) |
| 18 | Gummilabor | 34 | 3 (25 bis <50 P.) | ↗ | 50 | 4 (ab 50 P.) |
| 16 | Sensormontage/ Verpackung | 32 | 3 (25 bis <50 P.) | ↘ | 24 | 2 (10 bis <25 P.) |
| 3 | Lager/Produktion | 18 | 2 (10 bis <25 P.) | ⇒ | 14 | 2 (10 bis <25 P.) |
| 2 | Labor | 16 | 2 (10 bis <25 P.) | ⇒ | 11 | 2 (10 bis <25 P.) |
| 1 | Büro (Referenz) | 9 | 1 (<10 P.) | ⇒ | 7 | 1 (<10 P.) |

Nr.* - Beschreibung der Tätigkeit nach Tabelle 3.1

7.1.2 Ergebnisse der Durchführung von Untersuchungen zur Kriteriumsvalidität

7.1.2.1 Deskriptive Angaben zur Studienpopulation

Datenbasis für die Auswertungen in Bezug auf die Kriteriumsvalidität der LMM MA 2011 sind wiederum die Befragungen und z. T. Untersuchungen der 1446 Beschäftigten (513 Frauen und 933 Männer). Die Studienpopulation setzt sich aus verschiedenen Teilpopulationen, die in unterschiedlichen Projekten untersucht wurden, zusammen.

Durch die Neuklassifizierung der Studienpopulation über die Zuordnung zu einem Risikobereich nach LMM MA 2011 wurden kaum Änderungen in der Verteilung der allgemeinen Charakteristika der Beschäftigten bewirkt. Sowohl Frauen und Männer der Studienpopulation waren im Mittel ca. 40 Jahre (Frauen $39,9 \pm 10$ Jahre, Männer $39,7 \pm 9,2$ Jahre) alt. Der Altersdurchschnitt steigt über die Belastungskategorien entsprechend LMM MA bei Frauen um ca. 6 Jahre an. In der Gruppe der Männer nimmt dagegen das Durchschnittsalter bis zur höchsten Belastungskategorie ab.

Bei anderen konstitutionellen Parametern (Körpergewicht, Körpergröße, Body-Mass-Index), Freizeitsport sowie tätigkeitsbezogenen Parametern (Dauer der aktuellen Tätigkeit, Arbeitszeit pro Woche) unterschieden sich sowohl Männer als auch Frauen über die Belastungskategorien hinweg kaum. In den höheren Belastungskategorien ist bei Männern (nicht bei Frauen) ein zunehmender Anteil an Rauchern zu verzeichnen, die Dauer der aktuellen Tätigkeit ist geringer (Tab. 7.3).

Tab. 7.3 Verteilung metrischer konstitutioneller und tätigkeitsbezogener Faktoren im Studienkollektiv in Bezug auf die Belastungshöhe bei manuellen Tätigkeiten

| | | Einordnung in Gefährdungskategorie entsprechend Leitmerkmalmethode LMM MA 2011 | | | |
|---------------------------------------|-------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | | <10 Punkte | 10 - <25 P. | 25 - <50 P. | ab 50 P. |
| alle Probanden | | | | | |
| <i>Frauen</i> | | | | | |
| Anzahl Beschäftigte | 513 | 306 | 75 | 59 | 73 |
| Alter [Jahr] | 39,9 (10,0) | 38,7 (10,1) | 37,7 (8,9) | 42,2 (9,1) | 44,8 (9,9) |
| Gewicht [kg] | 67,8 (11,9) | 66,6 (11,5) | 68,1 (11,8) | 69,3 (12,7) | 71,0 (12,4) |
| Größe [kg] | 167,1 (6,4) | 167,6 (6,3) | 169,2 (6,8) | 164,7 (6,0) | 164,7 (5,5) |
| BMI [kg/m ²] | 24,3 (4,2) | 23,7 (3,6) | 23,9 (4,3) | 25,6 (4,7) | 26,2 (4,9) |
| Dauer der aktuellen Tätigkeit [Jahre] | 12,7 (9,9) | 12,9 (10,7) | 14,5 (8,8) | 10,4 (8,5) | 12,2 (8,1) |
| Arbeitszeit [h/Woche] | 37,7 (5,9) | 38,7 (6,6) | 36,7 (5,6) | 34,9 (3,1) | 36,7 (3,1) |
| | | | | | |

Tab. 7.3 (Fortsetzung)

| | alle Probanden | Einordnung in Gefährdungskategorie entsprechend Leitmerkmalmethode LMM MA 2011 | | | |
|--|-------------------|---|-------------|-------------|-------------|
| | | <10 Punkte | 10 - <25 P. | 25 - <50 P. | ab 50 P. |
| <i>Männer</i> | | | | | |
| Anzahl Beschäftigte | 933 | 498 | 173 | 23 | 239 |
| Alter [Jahre] | 39,7 (9,2) | 41,5 (9,0) | 38,5 (9,4) | 39,7 (11,2) | 36,6 (8,5) |
| Gewicht [kg] | 85,5 (12,9) | 85,6 (12,5) | 86,0 (13,4) | 81,4 (10,0) | 85,4 (13,6) |
| Größe [kg] | 180,3 (6,9) | 181,1 (6,8) | 181,0 (6,9) | 178,6 (6,3) | 178,4 (6,8) |
| BMI [kg/m ²] | 26,3 (3,6) | 26,1 (3,2) | 26,2 (3,6) | 25,5 (2,9) | 26,8 (4,1) |
| Dauer der aktuellen Tätigkeit [Jahre] | 10,5 (8,6) | 10,8 (9,2) | 13,0 (9,4) | 7,5 (3,4) | 8,6 (6,5) |
| Arbeitszeit [h/Woche] | 41,1 (5,8) | 43,3 (6,3) | 40,0 (5,2) | 38,5 (2,4) | 37,7 (2,3) |

7.1.2.2 Verteilung der Beschwerden im Muskel-Skelettsystem in den Studienkollektiven unabhängig von der Belastungshöhe

Für die Darstellung der Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System (Wochenprävalenz, 12-Monats-Prävalenz) in verschiedenen Körperregionen im gesamten Studienkollektiv unabhängig von der Belastung bei manueller Arbeit wird auf die Darstellung im Abschnitt 4.1.2.3 verwiesen.

7.1.2.3 Assoziation zwischen Beschwerdeprävalenz und Belastungshöhe bei manuellen Tätigkeiten entsprechend LMM MA 2011

Als Zielgröße für die Bestimmung der Assoziation zwischen Belastung bei manueller Arbeit und der Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System wurde die Eingruppierung der jeweiligen Tätigkeit der Beschäftigten entsprechend LMM MA 2011 in Beziehung gesetzt zur 12-Monats-Prävalenz an Beschwerden. Wie bereits beschrieben, wurden als Effektschätzer Prävalenzratios dieser 12-Monats-Prävalenzen der Beschwerden in den oberen Extremitäten für die Belastungskategorien ab 10 Punkte nach LMM MA 2011 im Vergleich zum Referenzkollektiv <10 Punkte als Prävalenzratio in gleicher Weise wie für die LMM MA 2007 bestimmt (95 %-Konfidenzintervalle, Allgemeine Lineare Regressionsmodelle (log-binomial), Adjustierung für Alter, Körpergröße und BMI, Stratifizierung nach Geschlecht).

Die grafisch aus dem Anstieg der Prävalenzratios für Beschwerden über die Risikokategorien nach LMM MA 2011 ableitbaren Dosis-Wirkungsbeziehungen entsprechen sowohl bei Frauen als auch bei Männern in allen Gelenkregionen weitgehend den Ergebnissen bei Klassifizierung nach den Beurteilungsergebnissen nach der LMM MA 2007. Ein klarer Anstieg der 12-Monats-Prävalenz an Beschwerden besteht geschlechtsunabhängig insbesondere für Beschwerden im Bereich der Hände/Handgelenke sowie den Ellenbogen. Die einzige Besonderheit ist, dass in der Gruppe der Männer die Wochenprävalenz an Beschwerden im Bereich der Hände bereits in der Risikokategorie 3 zwischen 25 und <50 Punkten um den Faktor 5,7 ähnlich erhöht ist wie in der Risikokategorie 4 ab 50 Punkte. Ebenso fehlt bei Männern in der Wochenprävalenz der LWS-Beschwerden der lineare Anstieg des Risi-

kos. LWS-Beschwerden sind in der Risikokategorie 3 um den Faktor 4,9 und in der Risikokategorie 4 um den Faktor 4,8 in gleicher Weise häufiger als im Referenzkollektiv.

Um die Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen der Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System und der Beurteilung nach den LMM MA 2007 und 2011 direkt vergleichen zu können, wurde die Zuordnung zu einem Risikobereich in der logistischen Regression nicht kategorial, sondern metrisch (pro 25 Punkte) berücksichtigt. Die Abbildungen 7.1 bis 7.4 zeigen für beide Geschlechter den Anstieg des Risikos für die Präsenz von Beschwerden in den einzelnen Gelenkregionen pro 25 Punkte nach LMM MA 2007 im Vergleich zur LMM MA 2011. Dieser Anstieg des Risikos pro 25 Punkte ist für beide Versionen der LMM MA in allen Gelenkregionen in ähnlicher Weise ausgeprägt. Besonders hoch ist der Anstieg geschlechtsunabhängig im Bereich der Hände/Handgelenke und Ellenbogen, deutlich auch im Bereich der Lendenwirbelsäule und weniger ausgeprägt für Beschwerden in anderen Gelenkregionen.

Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass mit der Risikobewertung durch die LMM MA 2011 die Präsenz von Beschwerden im Muskel-Skelett-System, insbesondere im Bereich der oberen Extremitäten und des unteren Rückens in ähnlich guter Weise prädiziert wird wie mit der LMM MA 2007.

Tab. 7.4 Verhältnis der 12-Monats-Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System in unterschiedlichen Belastungskategorien nach LMM MA 2011 im Vergleich zur Kategorie <10 Punkte (Referenz). Berechnung unter Verwendung log-binomialer Regressionsmodelle (Allgemeines Lineares Modell), Adjustierung für Alter, BMI, Körpergröße. Stratifizierung nach Geschlecht. Fett gedruckt: signifikante Erhöhung der Prävalenz gegenüber der Referenzkategorie

| Studienkollektiv Gelenkregion | Prävalenzratio [95 %-KI] für die 12-Monats-Prävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System in den Gefährdungskategorien entsprechend Leitmerkmalmethode LMM MA 2011 (<10 Punkte = Referenzkollektiv) | | | |
|----------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | <10 Punkte | 10 - <25 P. | 25 - <50 P. | ab 50 P. |
| <i>Frauen</i> | | | | |
| Hand | 1 (Ref.) | 0,94 (0,57-1,44) | 1,86 (1,31-2,56) | 2,74 (2,12-3,54) |
| Ellenbogen | 1 (Ref.) | 1,81 (1,06-2,93) | 2,15 (1,30-3,41) | 3,27 (2,25-4,79) |
| Schulter | 1 (Ref.) | 1,15 (0,88-1,46) | 1,36 (1,06-1,69) | 1,28 (1,00-1,60) |
| Nacken/HWS | 1 (Ref.) | 1,03 (0,85-1,21) | 1,28 (1,08-1,48) | 1,19 (1,02-1,37) |
| LWS | 1 (Ref.) | 0,77 (0,49-1,13) | 1,94 (1,49-2,47) | 2,01 (1,59-2,51) |
| Hüfte | 1 (Ref.) | 1,11 (0,55-2,01) | 1,60 (0,87-2,73) | 2,14 (1,35-3,34) |
| Knie | 1 (Ref.) | 0,85 (0,50-1,34) | 1,00 (0,60-1,54) | 1,17 (0,77-1,71) |
| Fuß | 1 (Ref.) | 0,65 (0,23-1,45) | 1,26 (0,61-2,37) | 1,90 (1,08-3,29) |
| <i>Männer</i> | | | | |
| Hand | 1 (Ref.) | 1,13 (0,79-1,58) | 2,84 (1,64-4,25) | 3,31 (2,64-4,16) |
| Ellenbogen | 1 (Ref.) | 1,08 (0,70-1,61) | 1,20 (0,39-2,57) | 2,65 (1,98-3,54) |
| Schulter | 1 (Ref.) | 0,99 (0,76-1,26) | 2,09 (1,41-2,77) | 1,62 (1,35-1,94) |
| Nacken/HWS | 1 (Ref.) | 0,96 (0,79-1,14) | 1,59 (1,19-1,94) | 1,07 (0,91-1,25) |
| LWS | 1 (Ref.) | 1,19 (0,88-1,58) | 2,90 (1,96-3,89) | 3,05 (2,51-3,71) |
| Hüfte | 1 (Ref.) | 1,08 (0,61-1,81) | 2,15 (0,70-4,66) | 1,87 (1,20-2,87) |
| Knie | 1 (Ref.) | 1,17 (0,88-1,53) | 1,76 (0,99-2,66) | 1,46 (1,16-1,83) |
| Fuß | 1 (Ref.) | 0,77 (0,45-1,24) | 1,73 (0,66-3,44) | 1,65 (1,16-2,34) |

Tab. 7.5 Verhältnis der Wochenprävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System in unterschiedlichen Belastungskategorien nach LMM MA 2011 im Vergleich zur Kategorie <10 Punkte (Referenz). Berechnung unter Verwendung log-binomialer Regressionsmodelle (Allgemeines Lineares Modell), Adjustierung für Alter, BMI, Körpergröße. Stratifizierung nach Geschlecht. Fett gedruckt: signifikante Erhöhung der Prävalenz gegenüber der Referenzkategorie

| Studienkollektiv Gelenkregion | Prävalenzratio [95 %-KI] für die Wochenprävalenz an Beschwerden im Muskel-Skelett-System in den Gefährdungskategorien entsprechend Leitmerkmalmethode LMM MA 2011 (<10 Punkte = Referenzkollektiv) | | | |
|----------------------------------|--|------------------|--------------------------|--------------------------|
| | <10 Punkte | 10 - <25 P. | 25 - <50 P. | ab 50 P. |
| <i>Frauen</i> | | | | |
| Hand | 1 (Ref.) | 0,62 (0,19-1,54) | 3,37 (1,91-5,76) | 5,45 (3,52-8,59) |
| Ellenbogen | 1 (Ref.) | 0,68 (0,11-2,38) | 3,64 (1,65-7,89) | 5,36 (2,82-10,70) |
| Schulter | 1 (Ref.) | 1,00 (0,56-1,62) | 1,76 (1,14-2,61) | 1,92 (1,30-2,77) |
| Nacken/HWS | 1 (Ref.) | 0,83 (0,50-1,25) | 1,41 (0,98-1,95) | 1,74 (1,29-2,30) |
| LWS | 1 (Ref.) | 0,82 (0,37-1,58) | 2,48 (1,53-3,90) | 2,22 (1,39-3,48) |
| Hüfte | 1 (Ref.) | 0,98 (0,29-2,55) | 2,14 (0,85-4,77) | 1,85 (0,76-4,13) |
| Knie | 1 (Ref.) | 0,80 (0,28-1,83) | 1,57 (0,74-3,06) | 1,55 (0,78-2,93) |
| Fuß | 1 (Ref.) | 0,82 (0,24-2,21) | 1,14 (0,38-2,87) | 1,66 (0,69-3,77) |
| <i>Männer</i> | | | | |
| Hand | 1 (Ref.) | 1,15 (0,56-2,21) | 5,67 (2,50-10,89) | 5,49 (3,61-8,57) |
| Ellenbogen | 1 (Ref.) | 0,89 (0,39-1,83) | 2,25 (0,57-5,70) | 3,26 (2,02-5,33) |
| Schulter | 1 (Ref.) | 0,78 (0,46-1,25) | 2,18 (1,03-3,69) | 1,87 (1,32-2,61) |
| Nacken/HWS | 1 (Ref.) | 0,78 (0,49-1,19) | 1,00 (0,33-2,12) | 1,22 (0,86-1,70) |
| LWS | 1 (Ref.) | 1,59 (0,91-2,70) | 4,90 (2,34-8,88) | 4,77 (3,25-7,16) |
| Hüfte | 1 (Ref.) | 1,59 (0,61-3,76) | 1,70 (0,10-7,85) | 3,98 (2,03-8,02) |
| Knie | 1 (Ref.) | 1,20 (0,70-1,95) | 3,76 (1,83-6,54) | 1,70 (1,11-2,59) |
| Fuß | 1 (Ref.) | 0,67 (0,25-1,48) | 1,56 (0,26-4,75) | 2,27 (1,32-3,90) |

Anstieg der Jahresprävalenz an Beschwerden im MSS im Verhältnis zur Exposition gegenüber manueller Arbeit n. LMM MA 2007 vs. 2011 (kont. / 25 Punkte; Adjustierung: Alter, BMI, Körpergröße)

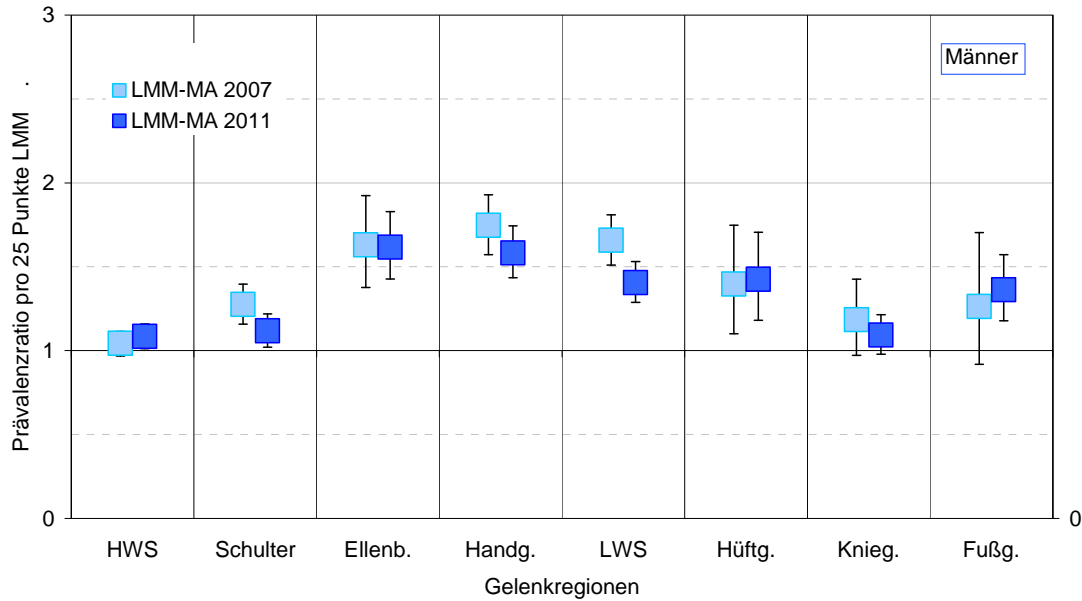


Abb. 7.1 Vergleich der Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen den LMM MA 2007 und der LMM MA 2011. Anstieg der Jahresprävalenz an Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-System kontinuierlich pro 25 Punkte nach LMM (Prävalenzratios mit 95 %-Konfidenzintervallen). Männer.

Anstieg der Jahresprävalenz an Beschwerden im MSS im Verhältnis zur Exposition gegenüber manueller Arbeit n. LMM MA 2007 vs. 2011 (kont. / 25 Punkte; Adjustierung: Alter, BMI, Körpergröße)

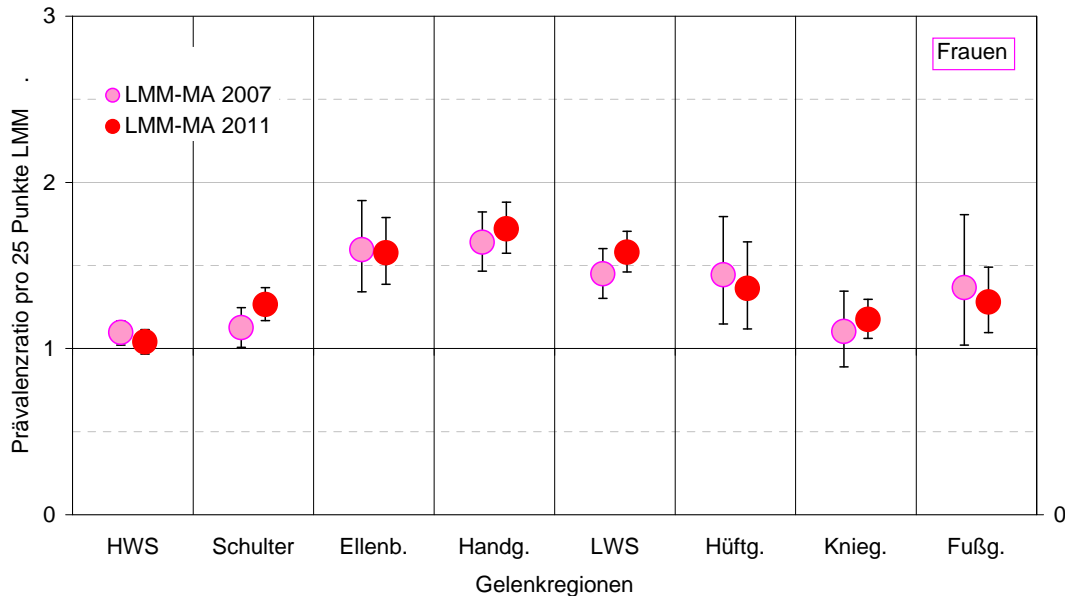


Abb. 7.2 Vergleich der Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen den LMM MA 2007 und der LMM MA 2011. Anstieg der Jahresprävalenz an Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-System kontinuierlich pro 25 Punkte nach LMM (Prävalenzratios mit 95 %-Konfidenzintervallen). Frauen.

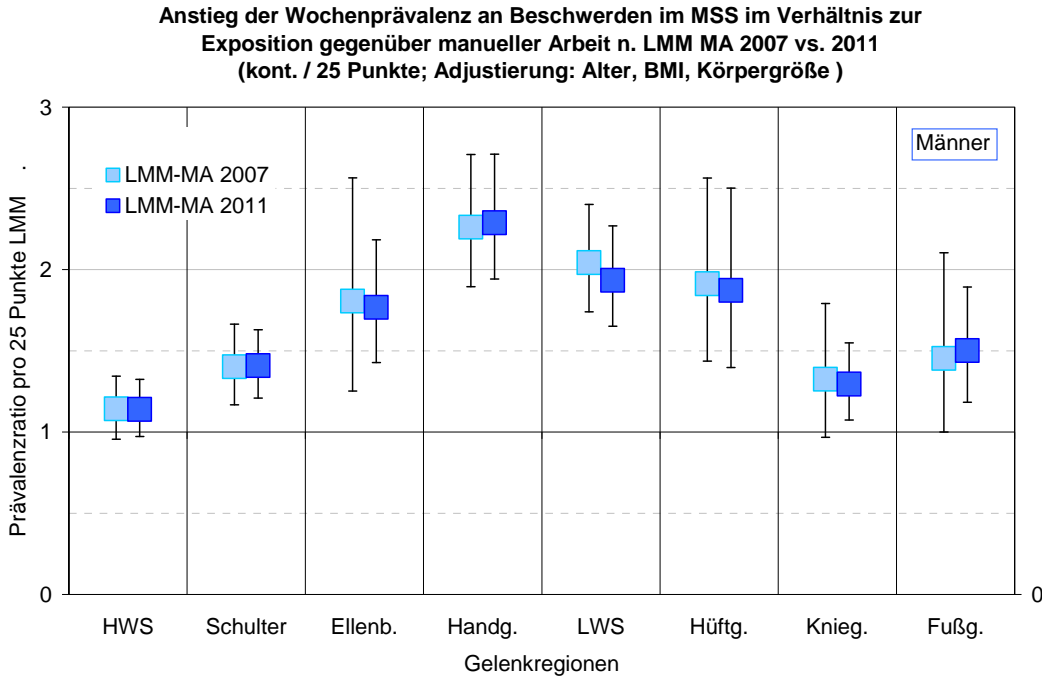


Abb. 7.3 Vergleich der Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen den LMM MA 2007 und der LMM MA 2011. Anstieg der Wochenprävalenz an Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-System kontinuierlich pro 25 Punkte nach LMM (Prävalenzratios mit 95 %-Konfidenzintervallen). Männer.

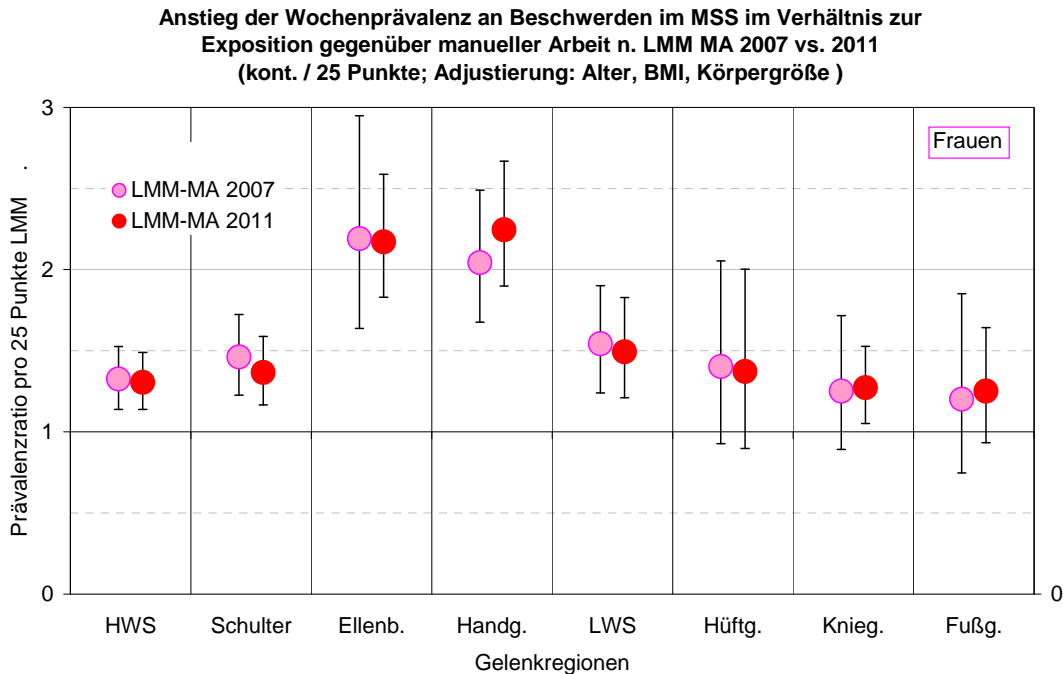


Abb. 7.4 Vergleich der Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen den LMM MA 2007 und der LMM MA 2011. Anstieg der Wochenprävalenz an Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-System kontinuierlich pro 25 Punkte nach LMM (Prävalenzratios mit 95 %-Konfidenzintervallen). Frauen.

7.2 Ergebnisse der Evaluierung bezüglich der Konvergenzvalidität

Als Folge der geänderten Skalierungen und der Neuaufnahme des Leitmerkmals Kraftübertragung/Greifbedingungen ergeben sich abweichende Beurteilungsergebnisse für dieselben Tätigkeiten. In den Abbildung 7.5 und 7.8 sind die Abweichungen für die beiden Stichproben dargestellt. Je näher die Punkte an der Trendlinie liegen, desto geringer ist die Beurteilungsdifferenz. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, sind es meist nur moderate Abweichungen. Im Mittel liegen die Abweichungen bei ± 2 Punkten, die maximale Abweichung beträgt 14 Punkte.

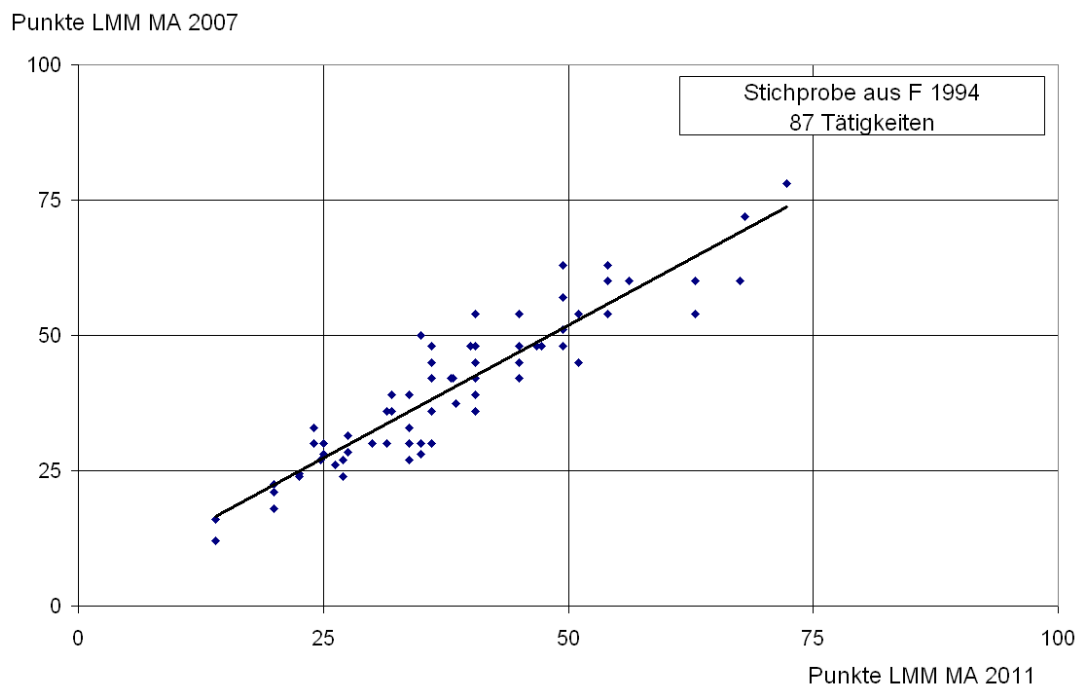


Abb. 7.5 Abweichungen der Beurteilungsergebnisse der Stichprobe des Forschungsprojektes F 1994

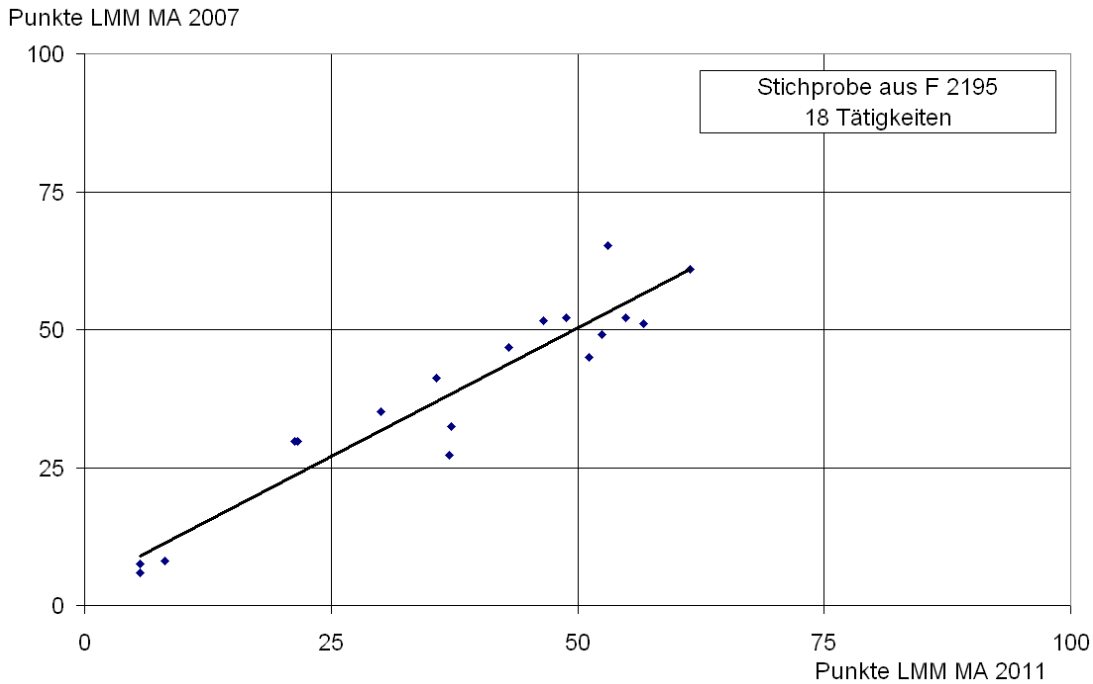


Abb. 7.6 Abweichungen der Beurteilungsergebnisse der Stichprobe des Forschungsprojektes F 1994

Hauptursache der höheren Abweichungen ist insbesondere die Skalierungsanpassung bei den Merkmalen Tätigkeitsdauer und Kraftaufwendung. In der LMM MA 2007 werden die Tätigkeitsdauer höher und die Kräfte geringer gewichtet als in der LMM MA 2011.

Der Vergleich der Beurteilungsergebnisse der LMM MA 2011 mit denen der konkurrierenden Methoden LMM MA 2007, TLV, SI, HARM, ManTRA, und ART analog zum Abschnitt 4.2.4 ist in den Abbildungen 7.7 und 7.8 dargestellt

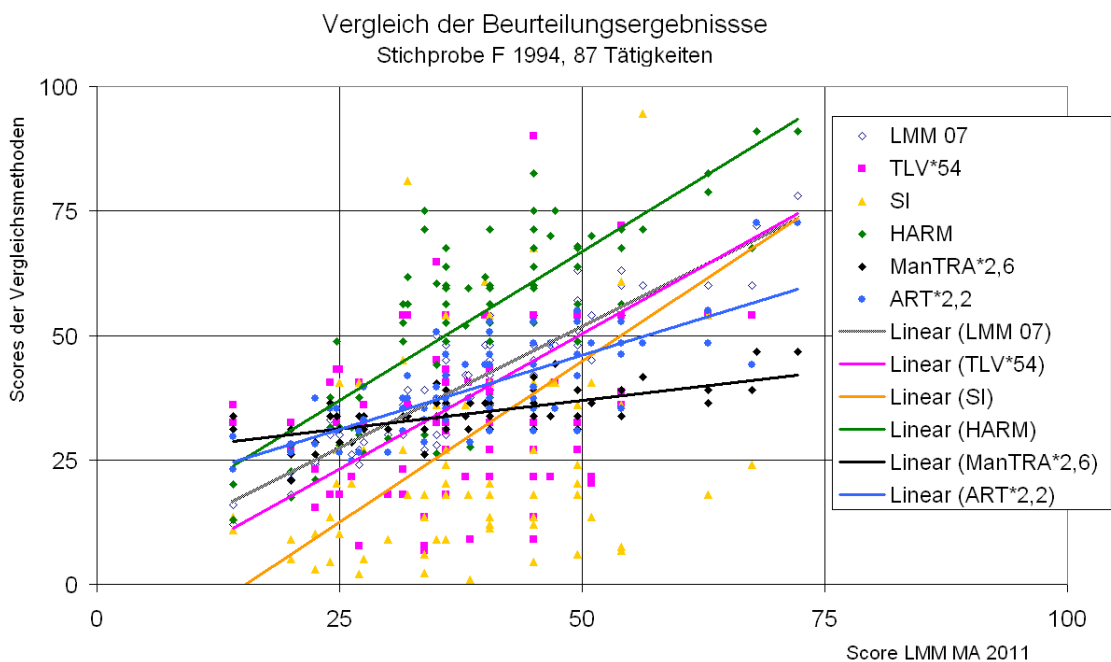


Abb. 7.7 Vergleich der Beurteilungsergebnisse von 87 Tätigkeiten aus dem Forschungsprojekt F 1994

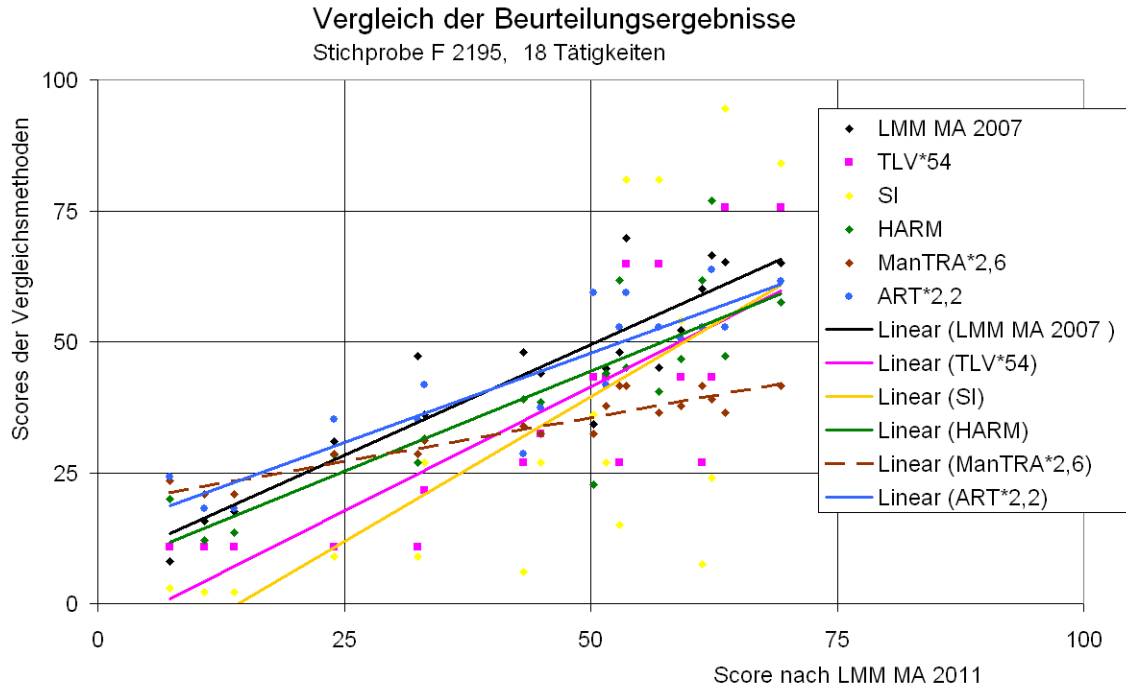


Abb. 7.8 Vergleich der Beurteilungsergebnisse von 18 Tätigkeiten aus dem Forschungsprojekt F 2195

Wie nach dem Vergleich der Beurteilungsergebnisse zwischen den LMM MA 2007 und 2011 nicht anders erwartbar, hat die Revision zu keiner relevanten Änderungen hinsichtlich der Konvergenzvalidität geführt. Die Übereinstimmung in den linearen Trends bleibt erhalten. Deshalb gelten die im Abschnitt 4.2.4 enthaltenen Ausführungen auch für die revidierte Fassung.

7.3 Analyse der Reliabilität

Wie im Abschnitt 4.3 dargestellt wurde, wurde die Reliabilitätstestung der LMM MA 2007 in einem größeren Praxisanwenderkollektiv durchgeführt. Hierbei wurde eine hohe Teilnehmeranzahl angestrebt ($N = 56$), um zudem auch möglichst viel Feedback der Praxisanwender zu möglichen Schwächen der Methode hinsichtlich der Objektivität zu erhalten. Den Anwendern wurden hierbei Videos vorgespielt, die sie mit der LMM MA 2007 zu bewerten hatten. Die hohe Teilnehmerzahl und die zeitlich begrenzte Kapazität der Teilnehmer ließ nur das Betrachten von jeweils zwei Tätigkeiten pro Gruppe zu, so dass hier keine Ableitung von statistisch verwendbaren Koeffizienten möglich war und die Beschreibung der Bewertungen durch das Anwenderkollektiv rein deskriptiv über Häufigkeitsverteilungen erfolgte.

Zur Reliabilitätstestung der LMM MA 2011 wurde gegenüber dem in Abschnitt 4.3 Beschriebenen ein geänderter Ansatz gewählt. Es wurden Praxiserprobungen mit 8 betrieblichen Praxisanwendern durchgeführt (je zwei Sicherheitsingenieure, Sicherheitsbeauftragte, Betriebsärzte und Werksstudenten). Diesen wurden mehrere (zwischen 10 und 20) Tätigkeiten mit manuellen Arbeitsprozessen zur Bewertung vorgelegt. Die hier untersuchte Reliabilität kann somit mit einem statistischen Maß dargestellt werden als Zusammenhang zwischen den Bewertungen verschiedener Tätig-

keiten durch unterschiedliche Anwender. Der grundsätzliche Ablauf in dieser Untersuchung war vergleichbar mit dem im Abschnitt 4.3 beschriebenen. Den Praxisanwendern wurde in einer ca. 30minütigen Präsentation zunächst die LMM MA vorgestellt und deren Anwendung anhand von zwei Videobeispielen erläutert. Danach wurden ihnen Videos von Tätigkeiten mit manuellen Arbeitsprozessen gezeigt, die sie mit der LMM MA 2011 bewerten sollten. Dabei wurde das etwa 1minütige Video der Tätigkeit jeweils mehrfach abgespielt. Relevante Informationen, die die Anwender nicht aus dem Video entnehmen konnten, wurden beschrieben (z. B. Umgebungsbedingungen, Wiederholungshäufigkeit der betrachteten Normminute). Zwei Gruppen (Sicherheitsingenieure und Werksstudenten) betrachteten 20 Tätigkeiten, die Sicherheitsbeauftragten 16 und die Betriebsärzte 10 Tätigkeiten.

Als statistisches Maß für die Interrater-Reliabilität wurde Cohens Kappa (κ) berechnet (COHEN, 1960). Dabei haben die Kappa-Werte folgende Bedeutung:

- κ : $<0,20$ = schwach,
- κ : $0,21-0,40$ = leicht,
- κ : $0,41-0,60$ = mittelmäßig,
- κ : $0,61-0,80$ = gut,
- κ : $0,81-1,00$ = sehr gut (ALTMAN, 1991).

Die Stärke der Übereinstimmung in der vorliegenden Untersuchung konnte unter den vier Bewertergruppen insgesamt als „gut“ bewertet werden (Kappa-Wert zwischen 0,61 und 0,80).

Die größten Abweichungen ergaben sich – ähnlich wie bei der Testung des Entwurfs von 2007 – bei der Einschätzung der aufzubringenden Kräfte und der Körperhaltung sowie in geringerem Maße auch in der Einschätzung der Hand-/Armstellung. Die Übereinstimmung der unterschiedlichen Bewerter stellte sich bei der LMM MA 2011 in Kombination mit einer umfangreicheren Schulung leicht verbessert dar, allerdings bleibt das Einschätzen der im Video ausgeübten Kräfte weiterhin schwierig.

Insgesamt kann angenommen werden, dass sich die Reliabilität der LMM MA 2011 gegenüber der LMM MA 2007 verbessert haben dürfte.

7.4 Diskussion zu den Gütekriterien der LMM MA 2011

Nach erfolgter Validierung kann festgestellt werden, dass die Aussagen zur Validität der LMM MA 2007 auch für die LMM MA 2011 gelten. Die Methode erfüllt die Anforderungen an die Kriteriums- und Konvergenzvalidität. Hinsichtlich der Objektivität und Reliabilität sind Verbesserungen erwartbar.

Für die betrieblichen Anwender ist von entscheidender Bedeutung, dass sich die Beurteilungsergebnisse zwischen der LMM MA 2007 und 2011 nicht erheblich unterscheiden. Die Beurteilungsergebnisse der LMM MA 2007 können weiter verwendet werden. Da in mehreren Unternehmen bereits mit der LMM MA 2007 vollständige Beurteilungen vorgenommen wurden, entstehen keine Zusatzbelastungen. Für einzelne Beurteilungen sind allerdings leichte Verschiebungen möglich. Diese liegen aber im Bereich der üblichen Ungenauigkeit der Leitmerkmalmethoden.

Aus Sicht der Methodenentwickler ist eine etwas erweiterte Sichtweise zur Methodenvalidität notwendig. Das entscheidende Kriterium, ob die Beurteilungsergebnisse korrekt sind, ob also eine mögliche physische Überbeanspruchung vorhergesagt

werden kann, hängt nicht nur von der Methodenkonstruktion ab. Wichtig ist auch, ob valide Eingangsdaten vorhanden sind. Die Erfahrungen aus diesem Projekt und der Pflege der anderen LMM weisen immer wieder auf unsichere Eingangsdaten hin. Ungenaue Zeitschätzungen, momentbezogene, nicht repräsentative und oberflächliche Belastungsbeschreibungen sind die häufigsten Mängel. Ein Fazit ist deshalb, dass ein Mindestaufwand für eine korrekte Datenermittlung zwingend notwendig ist. Die erweiterte Anwenderunterstützung durch die ausführliche Handlungsanleitung ist sicherlich hilfreich. Langfristig wäre zu prüfen, ob auch Anwenderschulungen sinnvoll sind.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Seit Oktober 2011 ist die revidierte Fassung der LMM MA für die Fachöffentlichkeit über die Webseite der BAuA und als Quartbroschüre (STEINBERG et al., 2012) verfügbar. Damit hat ein umfangreiches Programm zur Methodentestung seinen vorläufigen Abschluss gefunden. 2004 wurde mit den vorbereitenden Arbeiten begonnen. Ausgangspunkt für das Entwicklungsprojekt waren die Auswertung der Erfahrungen mit den LMM HHT und LMM ZS, die dringlichen Forderungen der Betriebspraktiker nach einer Methode zur Beurteilung von manuellen Arbeiten und eine Literaturanalyse. 2005 wurde das Vorhaben in einem öffentlichen Workshop diskutiert. Von 2006 bis 2007 wurde gemeinsam mit den Anwendern in Unternehmen, mit Aufsichtspersonen aus den Landesämtern für Arbeitsschutz und Unfallversicherungen, Instituten und Verbänden der Entwurf einer LMM MA erarbeitet. 2007 wurde der Forschungsbericht Fb 1994 „Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse“ veröffentlicht. Zugleich wurden ein wissenschaftliches Validierungsprojekt, eine Breitenerprobung und ergänzende Laboruntersuchungen gestartet. Diese konnten bis 2011 abgeschlossen werden. Sie sind die Grundlage für die revidierte und validierte LMM MA 2011.

Wichtig ist, dass sich die Beurteilungsergebnisse zwischen der LMM MA 2007 und 2011 nicht erheblich unterscheiden. Die Beurteilungsergebnisse der LMM MA 2007 können – mit leichten Einschränkungen – weiter verwendet werden, sollten jedoch mittelfristig überprüft werden.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis neben der erfolgreichen Methodentestung und Revision ist, dass umfangreiche Erfahrungen zur Entwicklungsarbeit gesammelt werden konnten. Das betrifft mehrere Aspekte, die nachfolgend betrachtet werden sollen. Im engen Kontext der Kriteriumsvalidität geht es um die Frage, ob die Beurteilungsergebnisse der LMM mit dem Belastungsempfinden und gesundheitlichen Störungen korrespondieren, insbesondere ob Überbeanspruchungen prognostiziert werden können. Die Kriteriumsvalidität konnte im vorliegenden Ansatz einer Querschnittsstudie nachgewiesen werden. Allerdings ist dabei einschränkend zu bemerken, dass die für eine qualitativ hochwertige Methodentestung erforderlichen homogenen Arbeitsanforderungen und Beschäftigtengruppen im betrieblichen Setting der manuellen Arbeitsprozesse nur selten vorhanden sind. Üblich sind wechselnde, auftragsbezogene Arbeitsanforderungen und ein flexibler Personaleinsatz. Das erschwert die Definition der Höhe der beruflichen Belastung. Darüber hinaus ist in der Praxis eine längsschnittliche Betrachtungsweise des möglichen Zusammenhangs von Belastung und gesundheitlichen Beschwerden mit der für die Fragestellung erforderlichen Genauigkeit der Belastungsdokumentation kaum umsetzbar. Da gesundheitliche Beschwerden individuell und multifaktoriell begründet sind, ist eine direkte Kausalität ohnehin nur bei hohen Belastungen nachweisbar. Diese hohen Belastungen waren allerdings nur in wenigen Fällen vorhanden. Da in der epidemiologischen Forschung die Zusammenhänge für große Beschäftigtengruppen mit ähnlichen Arbeitsbelastungen gelten, die Nutzung der LMM sich aber auf konkrete Arbeitsbedingungen bezieht, muss dieser grundsätzliche Widerspruch berücksichtigt werden. Zu berücksichtigen ist dabei auch, dass nicht alle Beanspruchungen auch zu Schäden führen müssen. Eine muskuläre/metabolische Ermüdung beispielsweise begrenzt das mögliche Arbeitspensum, ist aber bei ausreichender Erholung vollständig reversibel. Ist diese

Erholung gewährleistet, stellt sich nicht die Frage eines Gesundheitsschadens, sondern der Erträglichkeit.

Daraus ergibt sich als notwendige Vorarbeit für künftige Entwicklungsvorhaben das Herausarbeiten von Belastungs-Beanspruchungs-Schädigungs-Modellen. Die konzeptionellen Überlegungen zur Eignung arbeitswissenschaftlicher Verfahren zur Prognose arbeitsbedingter Schädigungen (LANDAU et al., 1990) sind hierfür eine gute Ausgangsbasis.

Weitere Bestandteile der Validierung sind die Ermittlung der Objektivität, Reliabilität und Akzeptanz. Aufgrund der Tatsache, dass die LMM MA die dritte LMM ist und eine dringliche Praxisforderung erfüllt, war die Akzeptanz der Methode gegenüber von Beginn an hoch. Als schwieriger erwies sich die Ermittlung der Objektivität und Reliabilität. Für eine qualitativ hochwertige Methodentestung wären hier noch umfangreichere Testungen der Inter- und ggf. auch Intra-Raterreliabilität wünschenswert. Die dafür erforderlichen Voraussetzungen (große Teilnehmerzahlen, vergleichbare Randbedingungen) sind in der Praxis allerdings schwer erfüllbar. Die potenziellen Anwender in den hier betrachteten Unternehmen konnten sich dem Tagesgeschäft nur zeitweilig entziehen. Hinzu kam, dass Vor-Ort-Datenerhebungen mit mehreren Personen den Betriebsablauf empfindlich gestört hätten. Eine Reliabilitätstestung mit externen Anwendern unter Laborbedingungen wäre prinzipiell möglich, würde sich allerdings von der Zielstellung zu weit entfernen. Deshalb wurde als Kompromiss ein gekürztes Testprogramm mit Videoeinspielungen gewählt.

Diese kritischen Problembereiche im Zusammenhang mit der Methodentestung im betrieblichen Setting der Anwender gelten allerdings nicht nur für die LMM, sie sind typisch für alle Entwicklungen von praxisgerechten Methoden. Bei einer möglicherweise weiteren Entwicklung der LMM zu einem vollständigen Methodenpaket zur Beurteilung aller Formen der physischen Belastung sollten diese methodologischen Aspekte eine verstärkte Berücksichtigung finden. Wie die Vorgehensweise im Detail auch immer sein wird, es wird immer ein Kompromiss zwischen wissenschaftlichem Anspruch und Realisierbarkeit im betrieblichen Setting bleiben.

Literaturverzeichnis

Altman, D.G.: Practical Statistics for Medical Research. London: Chapman and Hall 1991

Álvarez-Casado, E.; Hernández-Soto, A.; Colombini, D.: Repetitive movements of upper limbs in viticulture: set up of annual exposure level assessment models with OCRA checklist comparing with the first results of clinical data. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Andersen, J.H.; Thomsen, J.F.; Overgaard, E.; Lassen, C.F.; Brandt, L.P.; Vilstrup, I.; Kryger, A.I.; Mikkelsen, S.: Computer use and carpal tunnel syndrome: a 1-year follow-up study. JAMA 289 (2003), 22, 2963-2969

Armstrong, T.: The ACGIH TLV for hand activity level. In: Marras, W.S.; Karwowski, W. (Hrsg.): Fundamentals and assessment tools for occupational ergonomics. Boca Raton, Florida: CRC Press 2006, 41:1-14

Armstrong, T.J.; Buckle, P.; Fine, L.J.; Hagberg, M.; Jonsson, B.; Kilbom, Å.; Kuorinka, I.A.; Silverstein, B.A.; Sjogaard, G.; Viikari-Juntura, E.R.: A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. Scand. J. Work Environ. Health 19 (1993), 2, 73-84

Bae, S.; Armstrong, T.J.: Finger Motions in Reach and Grasp Work Elements. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Bernard, B.P.: Musculoskeletal Disorders 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, Ohio: U.S. Department of Health and Human Services 1997. (Publication No. 97-141). <http://www.cdc.gov/niosh/docs/97-141/pdfs/97-141a.pdf> (Stand: 14.03.2012)

BKK Bundesverband (Hrsg.): BKK Gesundheitsreport 2003. Gesundheit und Arbeitswelt. Essen 2004

BKK Bundesverband (Hrsg.): BKK Gesundheitsreport 2004. Gesundheit und sozialer Wandel. Essen 2004

BKK Bundesverband (Hrsg.): BKK Gesundheitsreport 2005. Krankheitsentwicklungen – Blickpunkt: Psychische Gesundheit. Essen 2005

BKK Bundesverband (Hrsg.): BKK Gesundheitsreport 2006. Demografischer und wirtschaftlicher Wandel – gesundheitliche Folgen. Essen 2006

BKK Bundesverband (Hrsg.): BKK Gesundheitsreport 2007. Gesundheit in Zeiten der Globalisierung. Essen 2007

BKK Bundesverband (Hrsg.): BKK Gesundheitsreport 2008. Seelische Krankheiten prägen das Krankheitsgeschehen. Essen 2008

BKK Bundesverband (Hrsg.): BKK Gesundheitsreport 2009. Gesundheit in Zeiten der Krise. Berlin 2009

BKK Bundesverband (Hrsg.): BKK Gesundheitsreport 2010. Gesundheit in einer älter werdenden Gesellschaft. Berlin 2010

BKK Bundesverband (Hrsg.): BKK Gesundheitsreport 2011. Zukunft der Arbeit. Essen 2011

Buckle, P.; Devereux, J.: Work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. European Agency for Safety and Health at Work. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities 1999. (Report).
<http://osha.europa.eu/en/publications/reports/201> (Stand: 14.03.2012)

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (Hrsg.): Aufbruch in die altersgerechte Arbeitswelt. Bericht der Bundesregierung. Oberschleißheim: RK Medien GmbH & Co KG 2010. http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/anlage-bericht-der-bundesregierung-anhebung-regelaltersgrenze.pdf?__blob=publicationFile (Stand: 16.01.2012)

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (Hrsg.): Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2010. Unfallverhütungsbericht Arbeit. Dortmund/Berlin/ Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2012.
<http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Suga-2010.html>
(Stand: 12.03.2012)

Burandt, U.: Ergonomie für Design und Entwicklung. Köln: O. Schmidt 1978

Burandt, U.; Schultetus, W.: Ermitteln zulässiger Grenzwerte für Kräfte und Drehmomente. Siemens AG (Hrsg.) 1978 (Firmeninterne Schulungsunterlagen zur Arbeitsgestaltung)

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

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

Chen, Y.-T.; Hwang, Y.-H.: Comparison between direct measurement and observation methods for upper extremity activity assessment at workplace. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Cohen, J.: A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ. Psychol. Measmt.* 20 (1960), 37-46

Cronbach, L.J.; Meehl, P.E.: Construct validity in psychological tests. *Psychol. Bull.* 52 (1955), 4, 281-302

da Costa, B.R.; Vieira, E.R.: Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies. *Am. J. Ind. Med.* 53 (2010), 3, 285-323

Denis, D.; Lortie, M.; Rossignol, M.: Observation procedures characterizing occupational physical activities: critical review. *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 6 (2000), 4, 463-491

Deffke, U.; Becker, R.: Gefährdungsbeurteilung bei physischen Belastungen mit einer erweiterten Leitmerkmal-methode im Excel-Format. *Sicher ist sicher* 1 (2012), 19-20

Dong, R.G.; Wimer, B.; McDowell, T.W.; Welcome, D.E.; Wu, J.Z.; Hsiao, H.: Measurements of Grip Strength Applied to Cylindrical Handles and the Effect of Gloves. *Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics*, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Dorstewitz, B.: Normwertstudie M3 Diagnos System. Maximalkraft als maximale Drehmomente bei gesunden Probanden im Bereich der Armbeuge- und Kniestreckmuskulatur. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin. Medizinische Fakultät der Universität München 2008. http://edoc.ub.uni-muenchen.de/8734/1/Dorstewitz_Borries.pdf (Stand: 29.03.2012)

Douwes, M.; de Kraker, H.: Hand Arm Risk assessment Method (HARM), a new practical tool. *Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics*, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Eurofound: Europäische Erhebung über die Arbeitsbedingungen – Darstellung der Ergebnisse (EWCS) 2010. http://www.eurofound.europa.eu/ewco/surveys/ewcs2010/results_de.htm (Stand: 23.01.2012)

Gebhardt, Hj.; Klußmann, A.; Dolfen, P.; Rieger, 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)

Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA) (Hrsg.): Ziele und Strategie. 2009. <http://www.gda-portal.de/de/Ziele/Ziele.html> (Stand: 17.01.2012)

Häcker, H.; Stapf, K.H. (Hrsg.): Dorsch – Psychologisches Wörterbuch. 13. überarb. u. erw. Auflage. Bern: Huber 2004

Hayakawa, T.; Kume, M.; Yoshida, Y.; Wakayama, M.; Ii, A.; Hamada, A.; Nakai, A.; Tetsuya, Y.: Movement of upper extremity and kitchen knife during "Katsuramuki". Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Health and Safety Executive (HSE) (Hrsg.): Assessment of Repetitive Tasks (ART) tool. 2009. www.hse.gov.uk/msd/uld/art/index.htm (Stand: 19.01.2012)

Hettinger, T.: Muskelkraft bei Männern und Frauen. Zbl. Arb. Wiss. 14 (1960), 79-84

Hoehne-Hückstädt, U.; Herda, C.; Ellegast, R.; Hermanns, I.; Hamburger, R.; Ditchen, D.: Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität und berufliche Tätigkeit. Entwicklung eines Systems zur Erfassung und arbeitswissenschaftlichen Bewertung von komplexen Bewegungen der oberen Extremität bei beruflichen Tätigkeiten. Sankt Augustin: HVBG 2007. (BGIA-Report, 2/2007)

Hollmann, W.; Hettinger, T.: Sportmedizin. Arbeits- und Trainingsgrundlagen. 3. Auflage. Stuttgart: Schattauer 1990

Irwin, C.B.; Radwin, R.G.: A Novel Instrument for Estimating Internal Hand Loading from External Measurements. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Jones, T.; Kumar, T.: Assessment of physical exposures and comparison of exposure definitions in a repetitive sawmill occupation: Trim-saw operator. Work 28 (2007), 2, 183-196

Karhu, O.; Kansip, P.; Kuorinka, I.: Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Appl. Ergonom. 8 (1977), 4, 199-201

Klussmann, A.; Steinberg, U.; Liebers, F.; Gebhardt, H.; Rieger, M.A.: The Key Indicator Method for Manual Handling Operations (KIM-MHO) - evaluation of a new method for the assessment of working conditions within a cross-sectional study. BMC Musculoskelet. Disord. 11 (2010), 272

Kristensen, T.S.: A new tool for assessing psychosocial factors at work: The Copenhagen Psychosocial Questionnaire. TUTB Newsletter 19-20 (2002), 45-47

Kuorinka, I.; Jonsson, B.; Kilbom, A.; Vinterberg, H.; Biering-Sørensen, F.; Andersson, G.; Jørgensen, K.: Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Appl. Ergonom. 18 (1987), 3, 233-237

Landau, K.; Brauchler, R.; Brauchler, W.; Ballé, W.; Blankenstein, U.: Eignung arbeitsanalytischer Verfahrensweisen zur Prognose möglicher arbeitsbedingter Schädigungen. Bd. I und Bd. II. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW 1990. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz: Forschung, Fb 614)

Latko, W.A.; Armstrong, T.J.; Foulke, J.A.; Herrin, G.D.; Rouborn, R.A.; Ulin, S.S.: Development and evaluation of an observational method for assessing repetition in hand tasks. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 58 (1997), 4, 278-285

Levchuk, I.; Serafin, P.; Mühlemeyer, C.; Klußmann, A: Verteilung von Handkräften und Handmaßen im Altersverlauf einer Bevölkerungsstichprobe – Teil 1: Bestimmung von Handkräften. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Bericht zum 58. Arbeitswissenschaftlichen Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, GfA-Press, Dortmund, 2012, 933-936

Lienert, G.A.; Raatz U.: Test Aufbau und Test Analyse. 4. Aufl. München: Psychologie Verlags Union 1989

Liv, P.; Mathiassen, S.E.: Between- and within- observer variability in two methods for posture observation. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

McAtamney, L.; Corlett, E.N.: “RULA” – A survey method for investigation of work related upper limbs disorders. *Appl. Ergonom.* 24 (1993), 2, 91-99

Mathiassen, S.E.: Diversity and variation in biomechanical exposure: what is it, and why would we like to know? *Appl. Ergonom.* 37 (2006), 4, 419-427

Maul, H.; Solf, J.: Griffgerechte Gestaltung eines Schraubendrehers. Darmstadt: REFA-Nachrichten 1968, 5, 225-231

Moore, J.S.: Biomechanical models for the pathogenesis of specific distal upper extremity disorders. *Am. J. Ind. Med.* 41 (2002), 5, 353-369

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

Motmans, R.; Adriaensen, T.; Hermans, V.: Muscle activity during repetitive work EMG to determine the force in the ORCA method. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Nübling, M.; Stössel, U.; Hasselhorn, H.M.; Michaelis, M.; Hofmann, F.: Methoden zur Erfassung psychischer Belastungen – Erprobung eines Messinstrumentes (COPSOQ). Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW 2005. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 1058).
<http://www.baua.de/de/Publikationen/Forschungsberichte/2005/Fb1058.html> (Stand: 20.01.2012)

Occhipinti, E.; Colombini, D.: OCRA method: a new procedure for analysing multiple repetitive tasks. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Palmer, K.T.; Harris, E.C.; Coggon, D.: Carpal tunnel syndrome and its relation to occupation: a systematic literature review. *Occup. Med. (Lond).* 57 (2007), 1, 67-74

Radwin, R.G.; Fronczak, F.J.; Howery, R.; Subedi, Y.; Yen, T.Y.; Irwin, C.B.; Chourasia, A.; Sesto, M.E.: Applying a Biodynamic Tool Operator Model to Quantify Operator Response to Industrial Power Nutrunner Forces in Automobile Manufactur-

ing. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Rempel, D.; Villaneuva, A.; Dong, H.: Biomechanical Analysis on the Pinch Grip During Dental Hygiene Scaling. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Rohmert, W.: Ermittlung von Erholpausen für statische Arbeit des Menschen. Int. Z. Angew. Physiol. 18 (1960), 123-164

Sämann, W.: Charakteristische Merkmale und Auswirkungen ungünstiger Körperhaltungen. Schriftenreihe „Arbeitswissenschaft und Praxis“ Bd. 17. Berlin: Beuth 1970

Schaub, Kh.: Das “Automotive Assembly Worksheet AAWS”. In: Landau, K. (Hrsg.): Montageprozesse gestalten – Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation. Stuttgart: Ergonomia 2004, 91-111

Schaub, Kh.; Haaß, P.; Bierwirth, M.; Kugler, M.; Steinberg, U.; Kaltbeitzel, J.; Toledo, B.; Bruder, R.: Das Multiple-Lasten-Tool: integrierte Bewertung unterschiedlicher Arten manueller Lastenhandhabung. In: Mensch- und prozessorientierte Arbeitsgestaltung im Fahrzeugbau. Herbstkonferenz 2010 der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, 23.-24.09.2010, Wolfsburg, Volkswagen AG. GfA Press, Dortmund 2010

Schultetus, W.; Lange, W.; Doerken, W.: Montagegestaltung, Daten, Hinweise und Beispiele zur ergonomischen Arbeitsgestaltung. 2. Aufl. Köln: TÜV Rheinland 1987

Slesina, W.: Arbeitsbedingte Erkrankungen und Arbeitsanalyse – Arbeitsanalyse unter dem Gesichtspunkt der Gesundheitsvorsorge. Stuttgart: Enke 1987

Siemens AG (Hrsg.): Ermitteln zulässiger Grenzwerte für Kräfte und Drehmomente. Firmeninterne Schulungsunterlage zur Arbeitsgestaltung, 1978

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

Sluiter, J.K.; Rest, K.M.; Frings-Dresen, M.H.: Criteria Document for Evaluation of the Work-Relatedness of Upper Extremity Musculoskeletal Disorders. Coronel Institute for Occupational and Environmental Health, Academic Medical Center. Amsterdam 2000

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

Steinberg, U.; Behrendt, S.; Caffier, G.; Schultz, K.; Jakob, M.: Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse. Erarbeitung und Anwendungserprobung einer Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen. 1. Aufl. Dortmund: Bundes-

anstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2007. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Fachbeiträge, Forschung F 1994).
<http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F1994.html> (Stand: 20.01.2012)

Steinberg, U.; Liebers, F.; Klußmann, A.: Manuelle Arbeit ohne Schaden. 3. überarbeitete Auflage 2011. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Quartbroschüre)

Steinberg, U.; Liebers, F.; Klußmann, A.: Manuelle Arbeit ohne Schaden - Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse mit ausführlicher Handlungsanleitung 2012. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Quartbroschüre)

Sung, P.-C.; Lee, C.-L.: Effects of glove thickness, friction and pliability on grip and key pinch strength. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Takala, E.P.; Pehkonen, I.; Forsman, M.; Hansson, G.Å.; Mathiassen, S.E.; Neumann, W.P.; Sjøgaard, G.; Veiersted, K.B.; Westgaard, R.H.; Winkel, J.: Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scand. J. Work Environ. Health* 369 (2010), 1, 3-24

Tomei, G.; Draicchio, F.; Nicassion, P.; Palermo, A.; Violante, F.S.; Grazioso, F.; Caciari, T.; Rosati, M.V.; De Rose, E.; Ciarrocca, M.; Cardella, C.; Capozzella, A.: Use of TLV-ACGIH (HAL) and Strain Index for the evaluation of the upper extremity biomechanical overload. *G. Ital. Med. Lav. Ergon.* 27 (2005), 3, 351-354

van Rijn, R.M.; Huisstede, B.M.; Koes, B.W.; Burdorf, A.: Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder – a systematic review of the literature. *Scand. J. Work Environ. Health* 36 (2010), 3, 189-201

van Rijn, R.M.; Huisstede, B.M.; Koes, B.W.; Burdorf, A.: Associations between work-related factors and the carpal tunnel syndrome – a systematic review. *Scand. J. Work Environ. Health* 35 (2009), 1, 19-36 (a)

van Rijn, R.M.; Huisstede, B.M.; Koes, B.W.; Burdorf, A.: Associations between work-related factors and specific disorders at the elbow: a systematic literature review. *Rheumatology (Oxford)* 48 (2009), 5, 528-536 (b)

Wang, B.; Strasser, H.: Left- and Right-Handed Screwdriver Torque Strength and Physiological Costs of Muscles Involved in Arm Pronation and Supination. In: Marras, W.S.; Karwowski, W.; Smith, J.J.; Pacholski, L. (Hrsg.): *The Ergonomics of Manual Work*. London/Washington DC: Taylor & Francis 1993, 223-226

Wakula, A.; Berg, K.; Schaub, Kh.; Bruder, R. Glitsch, U.; Ellegast, R.: Der montagespezifische Kraftatlas. In: BGIA-Report 3/2009. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2009

Young, J.; Woolley, C.; Armstrong, T.; Ashton-Miller, J.: Active and Passive Forces in Hand/Work-Object Coupling. Proceedings of the IEA 2009 – 17th. World Congress on Ergonomics, 09.-14.08.2009, Beijing: (CD-ROM) 2009

Das multiple Lasten-Tool: Integrierte Bewertung unterschiedlicher Arten manueller Lastenhandhabung. <http://www.kobra-projekt.de/download/multiple-lasten-tool> (Stand: 16.01.2012)

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

HARM Hand Arm Risk Assessment Method.
http://www.inspectieszw.nl/Images/HARM%20Assessment%20form_tcm335-315333.pdf (Stand: 17.01.2012)

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

Observational methods assessing biomechanical exposures at work. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health (05.10.2009).

<http://www.ttl.fi/workloadexposuremethods> (Stand: 23.01.2012)

REFA. Methodenlehre der Betriebsorganisation. Grundlagen der Arbeitsgestaltung. Hanser, München 1993

Threshold Limit Value (TLV[®]) for Mono-task Handwork. The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH[®]) Cincinnati 2005.

<http://www.acgih.org/TLV/DevProcess.htm> (Stand: 23.01.2012)

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------------------|---|
| AAWS | Automotive Assembly Worksheet |
| ACGIH-HAL | American Conference of Governmental Industrial Hygienists Hand Activity Level |
| ART | Assessment of Repetitive Tasks |
| AU-Tage | Arbeitsunfähigkeitstage |
| BAuA | Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin |
| BDS | Belastungs-Dokumentations-System |
| BKK-Bundesverband | Betriebskrankenkassen-Bundesverband |
| BMI | Body Mass Index |
| BMAS | Bundesministerium für Arbeit und Soziales |
| COPSOQ | Copenhagen PsychoSOcial Questionnaire |
| EAWS | European Assembly Work Sheet |
| F | Frauen |
| GDA | Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie |
| HARM | Hand-Arm-Risk-Assessment Method |
| HSE | Health and Safety Executive |
| KI | Konfidenzintervall |
| KIM | Key Indicator Methods |
| KIM MO | Key Indicator Methods Manual Operations |
| KMU | Klein- und Mittelunternehmen |
| LMM | Leitmerkmalmethode |
| LMM HHT | Leitmerkmalmethode Heben, Halten und Tragen |
| LMM MA | Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse |
| LMM MA E | Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse Experten-Screening |
| LMM ZS | Leitmerkmalmethode Ziehen, Schieben |
| LWS | Lendenwirbelsäule |
| M | Männer |
| ManTRA | Manual Tasks Risk Assessment Tool |
| MSS | Muskel-Skelett-System |
| MW | Mittelwert |

| | |
|---------|---|
| MVC | Maximum Voluntary Contraction |
| OCRA | OCcupational Repetitive Action |
| OCRA CL | OCcupational Repetitive Action Checklist |
| RSI | Repetitive Strain Injuries |
| RULA | Rapid Upper-Limb Assessment |
| SD | Standardabweichung |
| SALTSA | Samarbetsprogram mellan Arbetslivsinstitutet, LO, TCO och SACO |
| SI | Strain Index |
| TLV HAL | Threshold Limit Value for Mono-Tasks Handwork |

Danksagung

Abschließend soll allen an diesem Entwicklungsprojekt beteiligten Unternehmen, Personen und Aufsichtsdiensten für ihre konstruktiv kritische Mitwirkung gedankt werden. Ohne sie hätte das Projekt nicht bearbeitet werden können. Besonders hervorzuheben sind an dieser Stelle die direkten Kontaktpartner in den Unternehmen. Für sie bedeutete die Mitwirkung eine erhebliche Mehrbelastung. Besonderer Dank gilt auch den Beschäftigten für ihre Teilnahme an der Befragungen und betriebsärztlichen Untersuchungen.

Anhang 1

LMM MA 2007 – Formblatt

Leitmerkmalmethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen

Die Gesamtlagigkeit ist ggf. in Teiltagigkeiten zu gliedern. Jede Teiltagigkeit mit erheblichen körperlichen Belastungen ist getrennt zu beurteilen.

Arbeitsplatz/Teiltagigkeit:

1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung und Informationen zum Arbeitsablauf

| Gesamtdauer dieser Tagigkeit 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 Tagigkeit</u> | |
| Dauer eines Zyklus | |
| Anzahl der Zyklen pro Schicht | |
| Anteil an Arbeitszeit | % |
| <u>oder</u> | |
| <u>Kontinuierliche Tagigkeit</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 |
| sehr gering < 20 g < 0,2 N | Ausübung von leichtem Druck durch Finger Tastenbedienung / 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 Fingerzuffassung Halten / Materialführung / Fogen | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| mittel 100 ... 500 g 1 ... 5 N | Fingerzuffassung Greifen / Fogen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | - |
| erhöht 0,5 ... 1 kg 5 ... 10 N | Handzuffassung Drehen / Wickeln / Verpacken | - | - | - | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Fassen / Halten oder Fogen von Teilen / Eindrücken | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | - | - |
| hoch 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 | - | - |
| sehr hoch 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 |
|---|----------|
| Keine oder weite Taktbindung: Arbeitsablauf beeinflussbar / Pausen wählbar / Handlungsspielraum vorhanden / Belastungswechsel durch andere Tagigkeiten / unterschiedliche Hand-Arm -Bewegungen | 0 |
| Enge Taktbindung: 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 |
|---|----------|
| Gut: sichere Detailerkennbarkeit / keine Blendung / gute klimatische Bedingungen / keine Behinderung der Bewegungsfreiheit / Bedien- und Anzeigeelemente im günstigen Bereich / gute Greifbarkeit | 0 |
| Eingeschränkt: erschwerte Detailerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Verschmutzung / Konzentrationsstörungen 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 |
|--|----------|
|  <p>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</p> | 0 |
|  <p>Eingeschränkt: 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>Schlecht: 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.

| Hand-/Armstellung und -Bewegung **) | Wichtung |
|--|----------|
|  <p>Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur gelegentliche Abweichungen / überwiegend körpernahe Armhaltung / nur gelegentliches Greifen über Schulterhöhe</p> | 0 |
|  <p>Eingeschränkt: Häufigere Stellung oder Bewegung der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / häufiger körperfernes Greifen / häufigeres Greifen über Schulterhöhe</p> | 1 |
|  <p>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</p> | 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 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. |

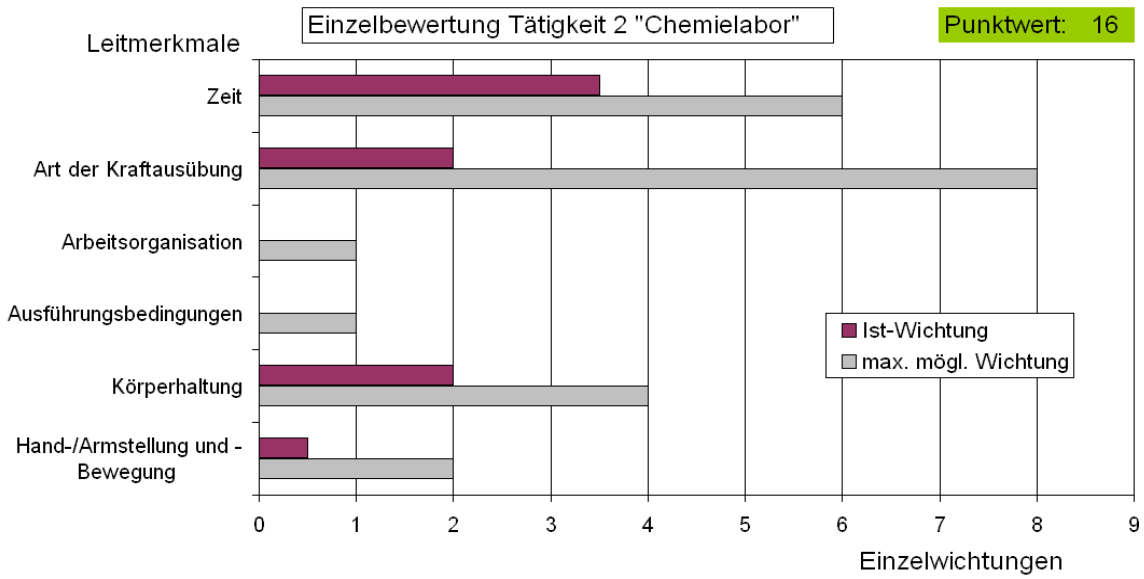
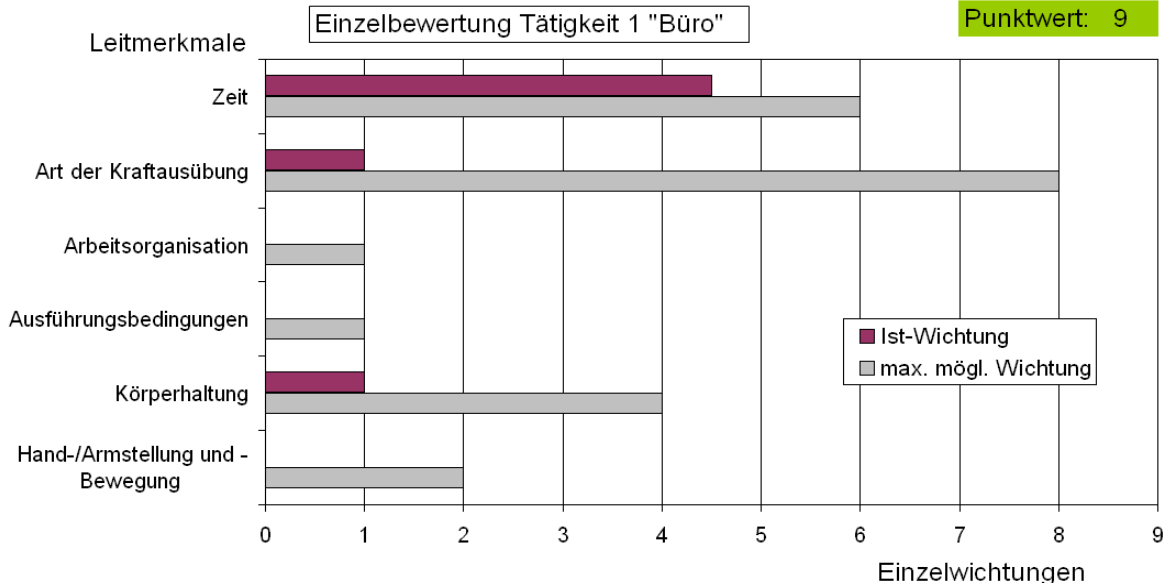
^{*)} Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitstechniken und Leistungsvoraussetzungen fließend. Damit darf die Einstufung nur als Orientierungshilfe verstanden werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems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

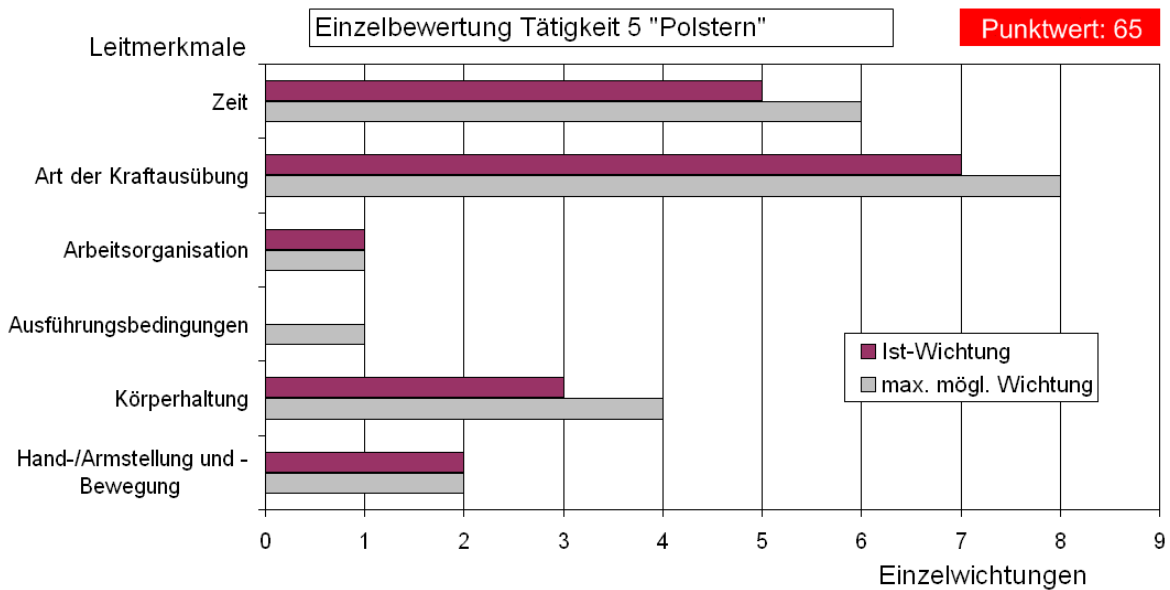
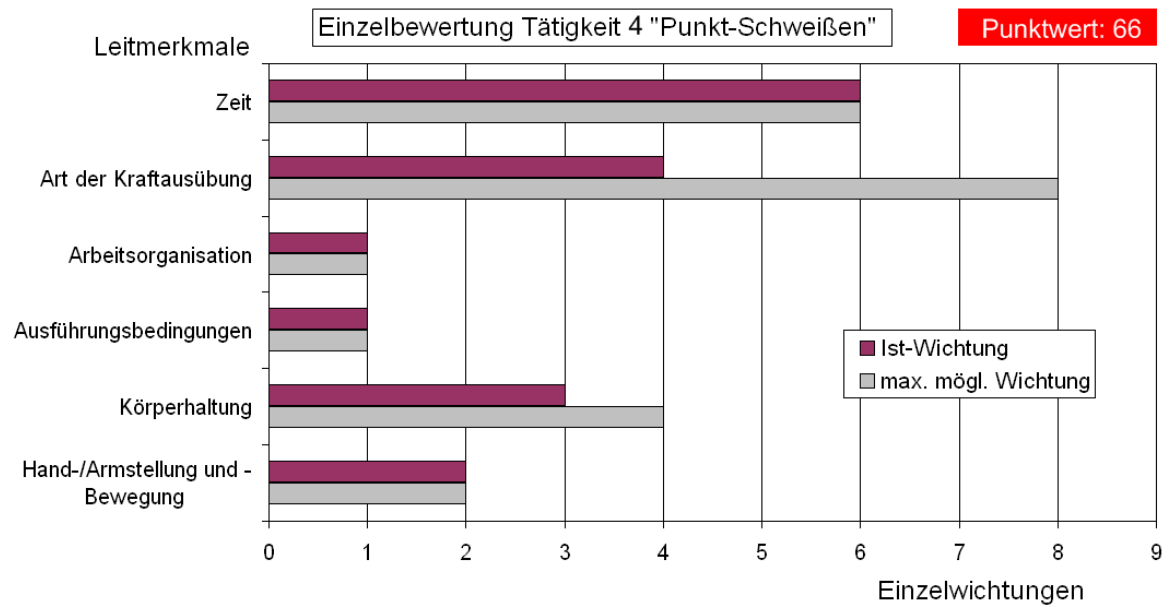
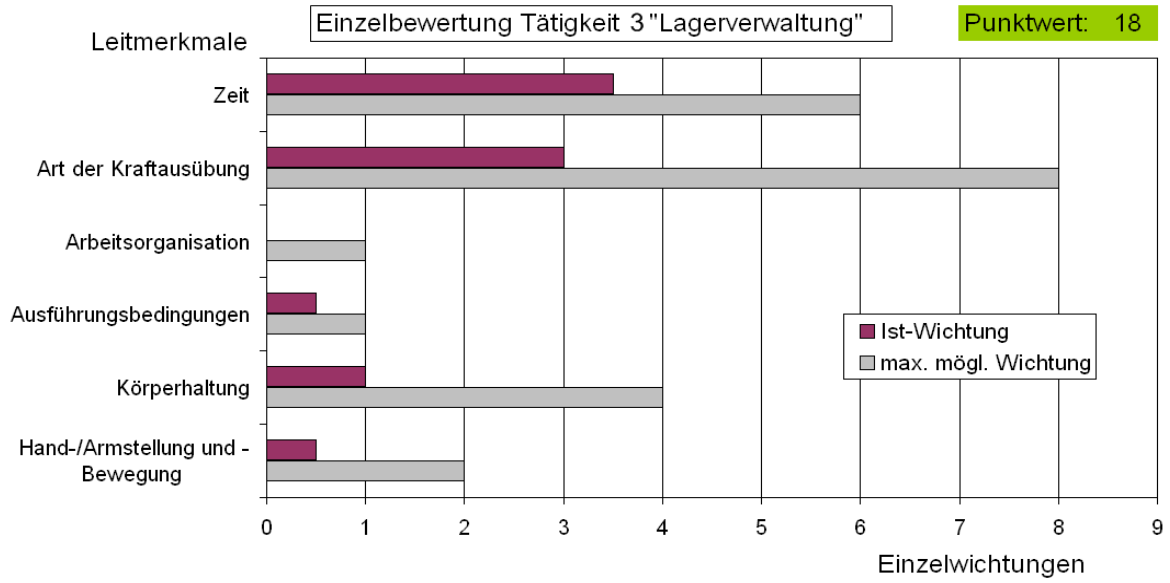
Anhang 2

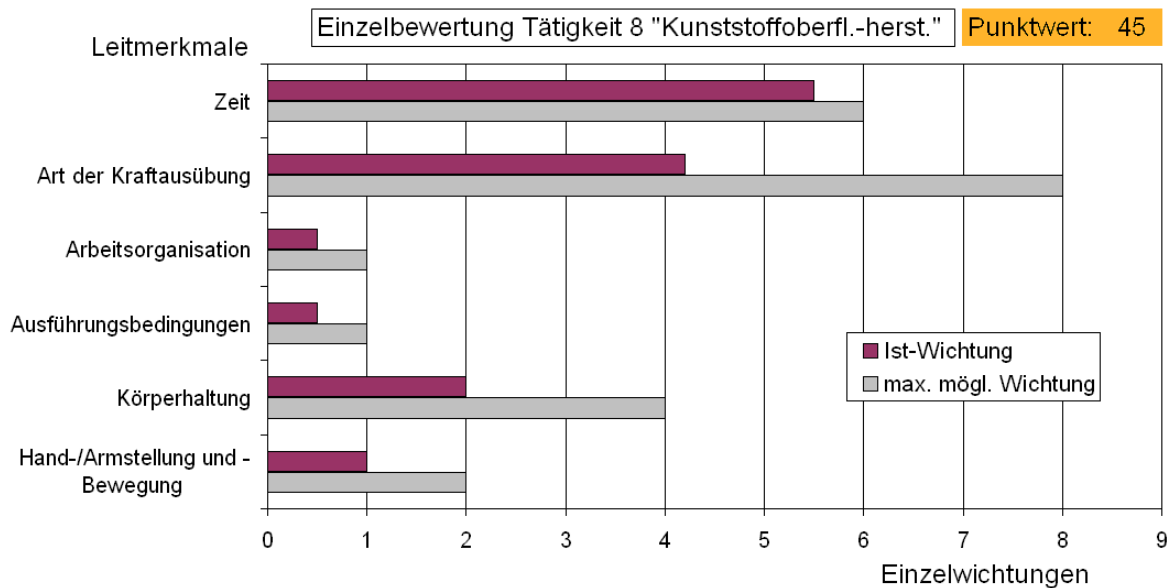
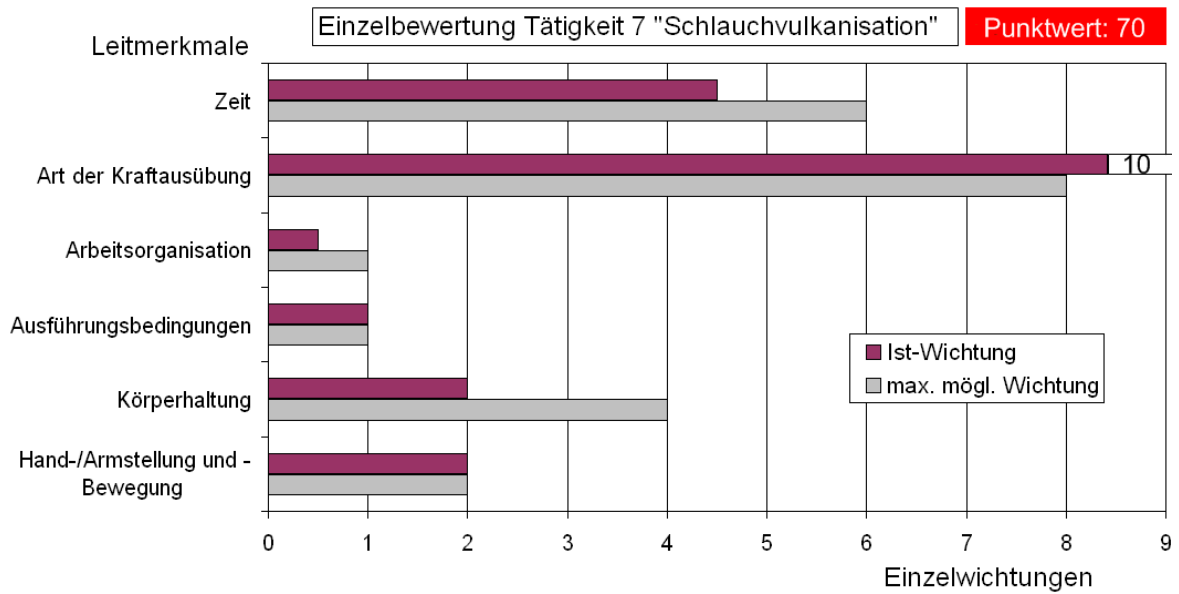
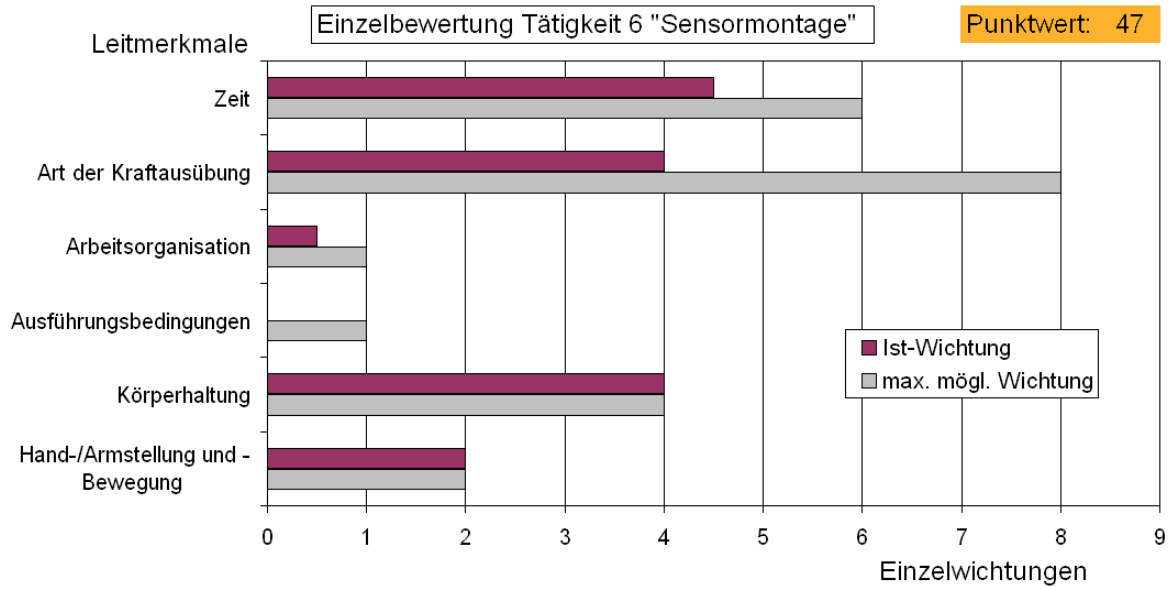
Einzelwertung der Arbeitsplätze nach LMM MA 2007

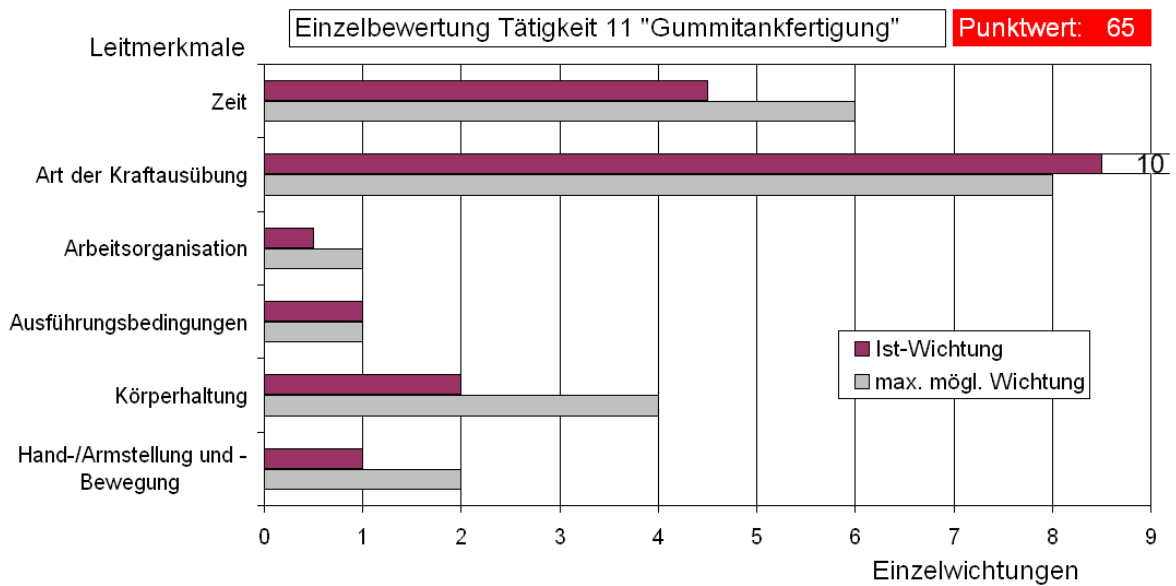
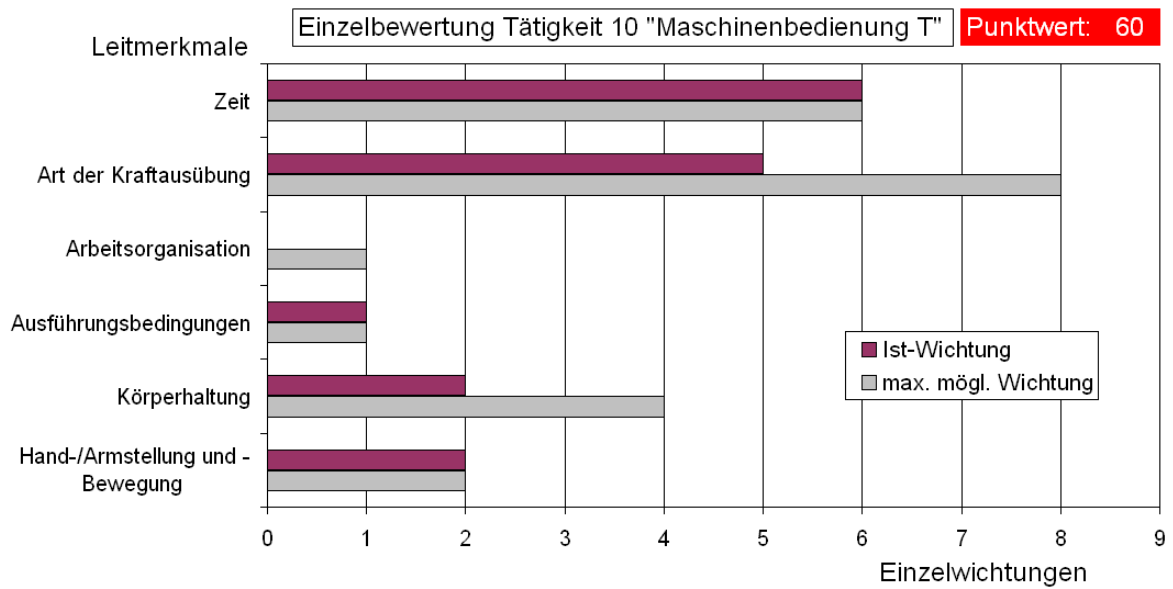
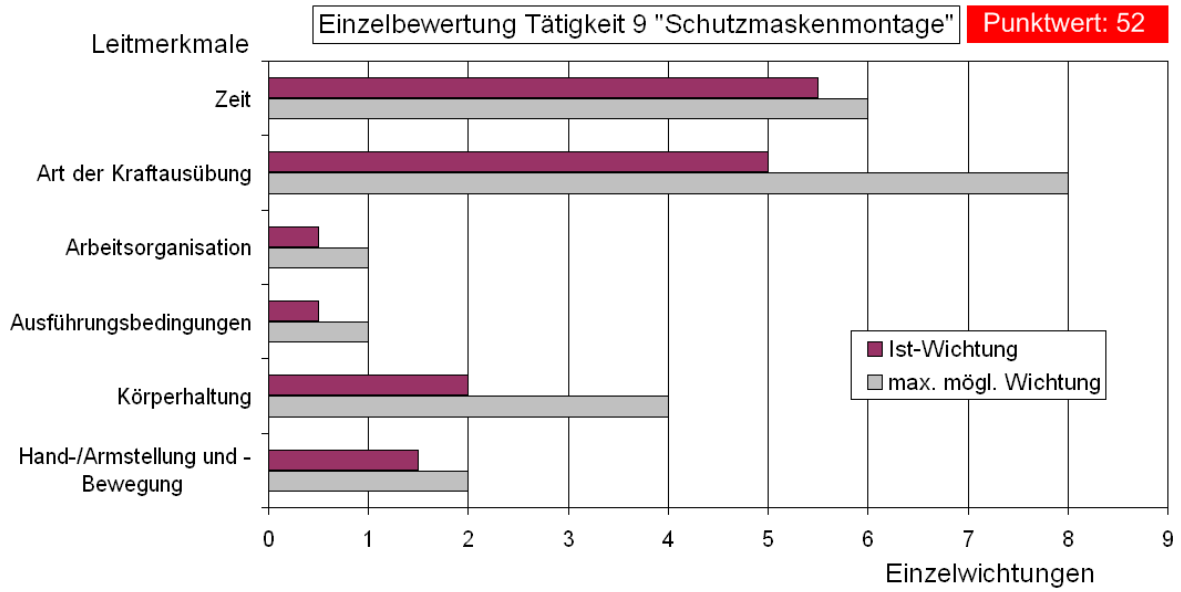
Übersicht der Bewertungsergebnisse

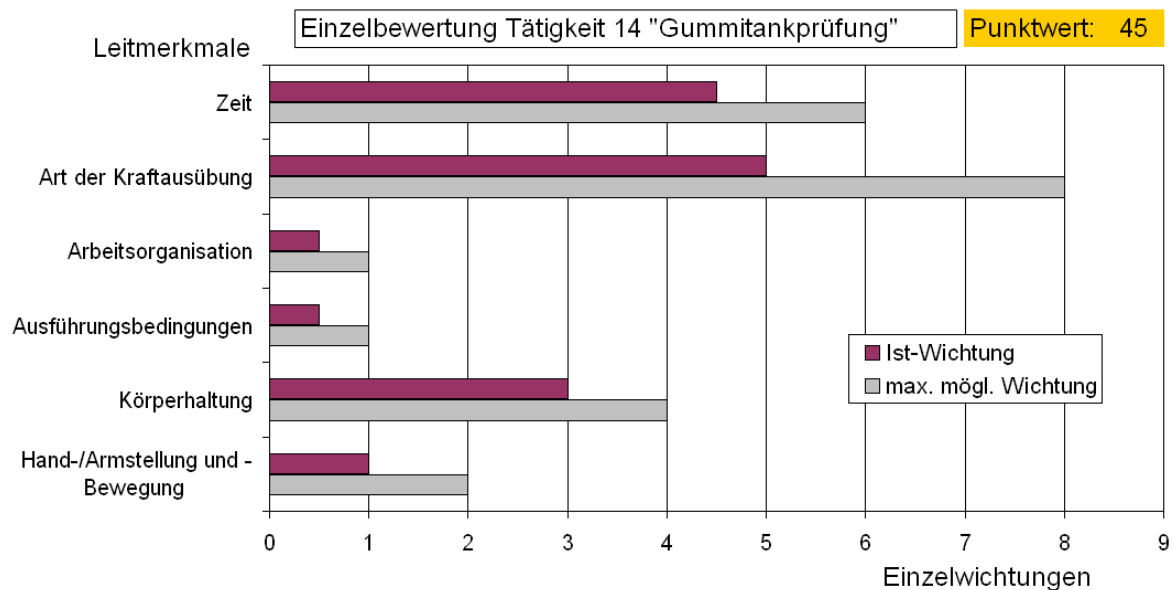
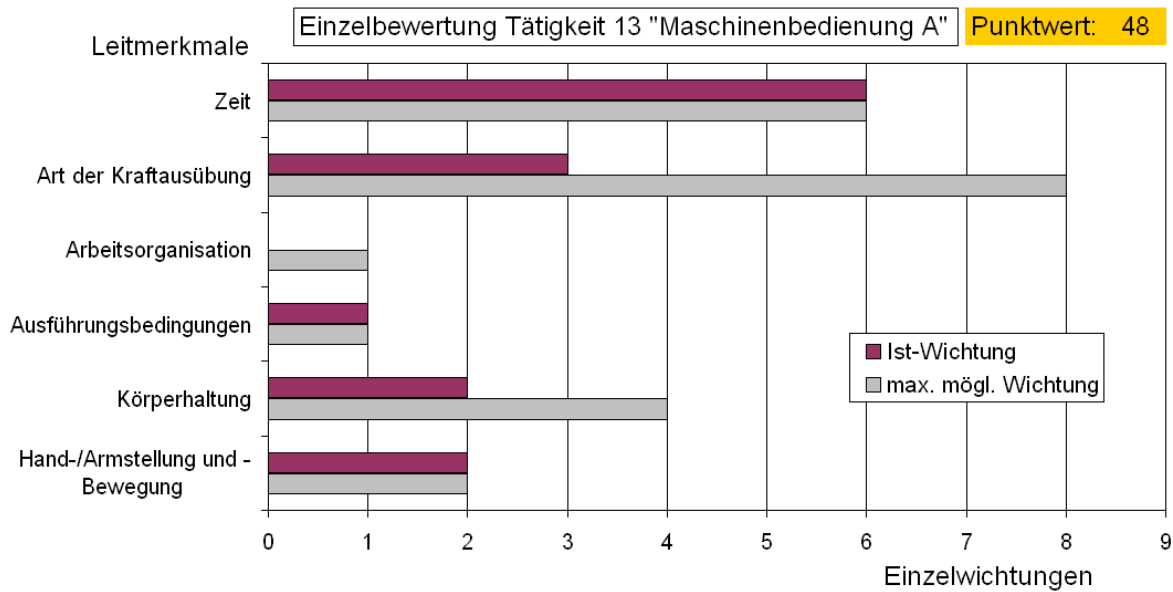
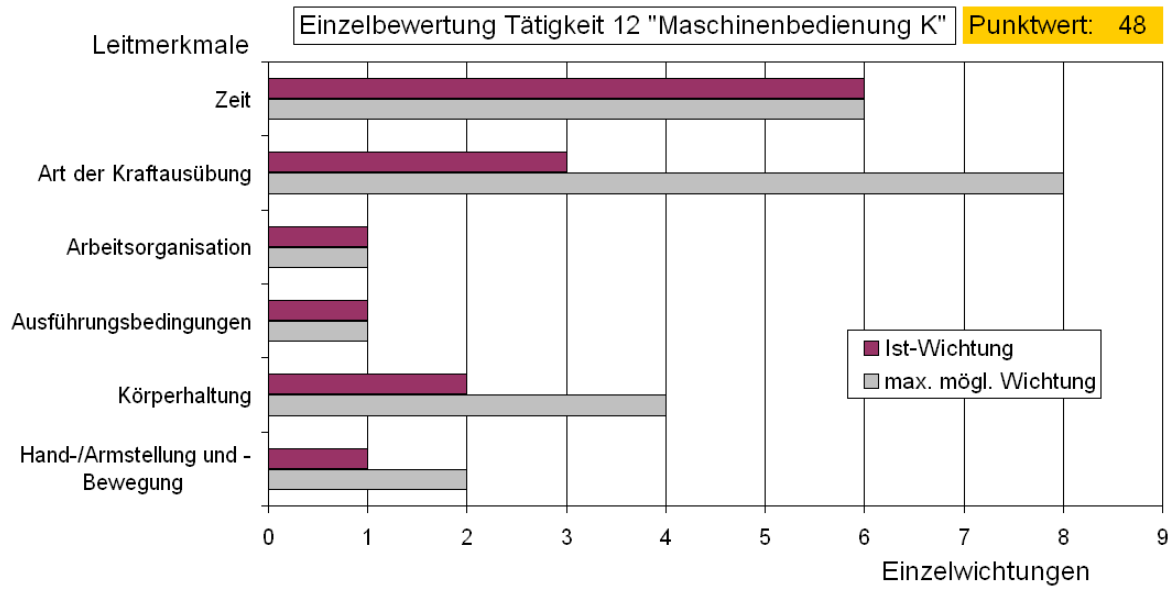
Die folgenden Grafiken zeigen die Bewertungen für die 18 analysierten Tätigkeitsgruppen gemäß Tab. 3.1. Grundlage sind die Arbeitszeit- und Belastungsanalysen die mit der LMM MA 2007 als Einzelwichtungen und Punktwerte abgebildet werden. Zum besseren Vergleich erfolgt die Darstellung als Profilvergleich.

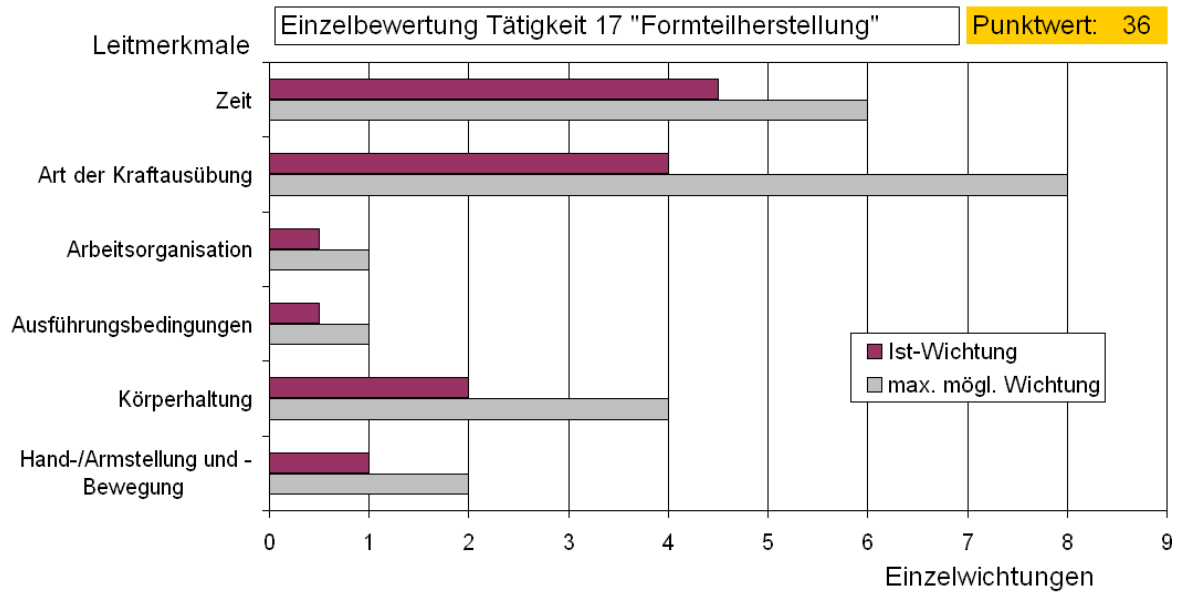
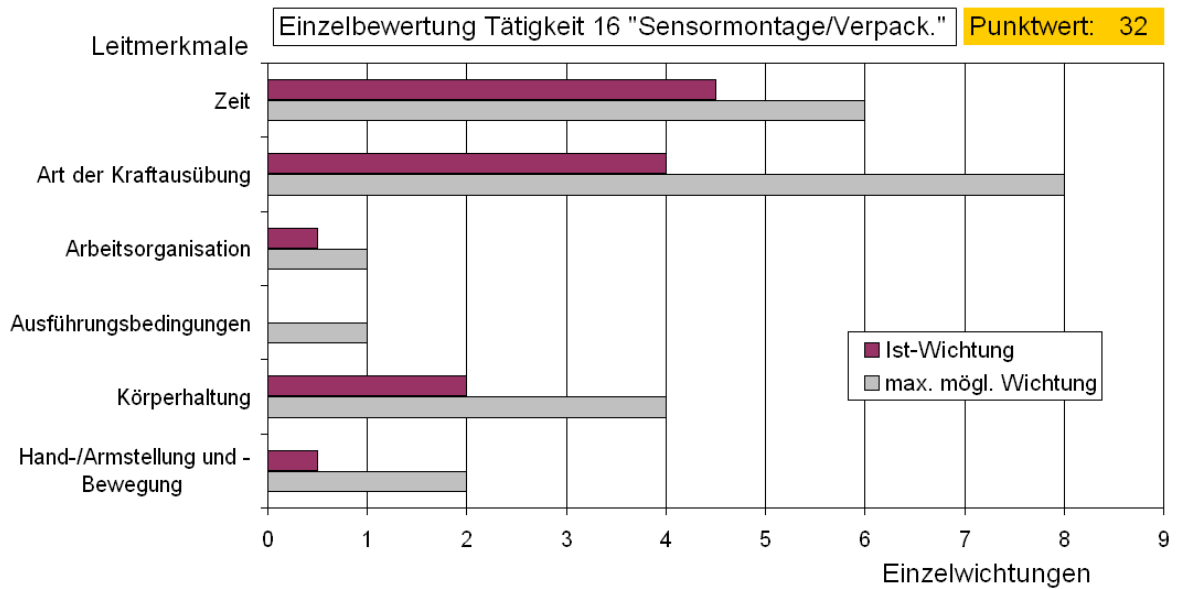
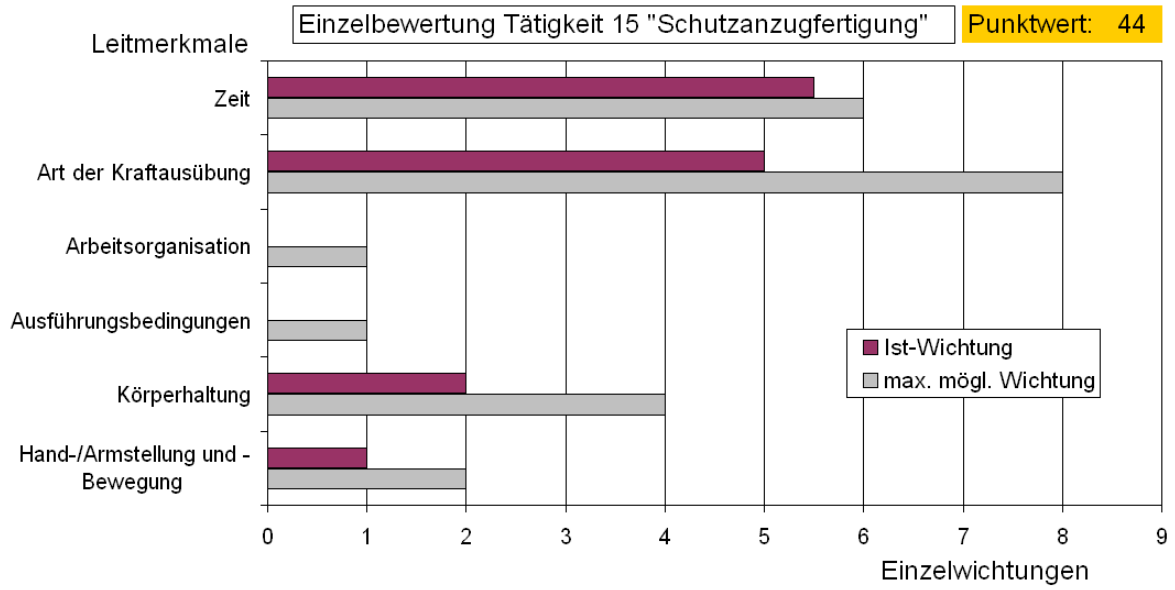


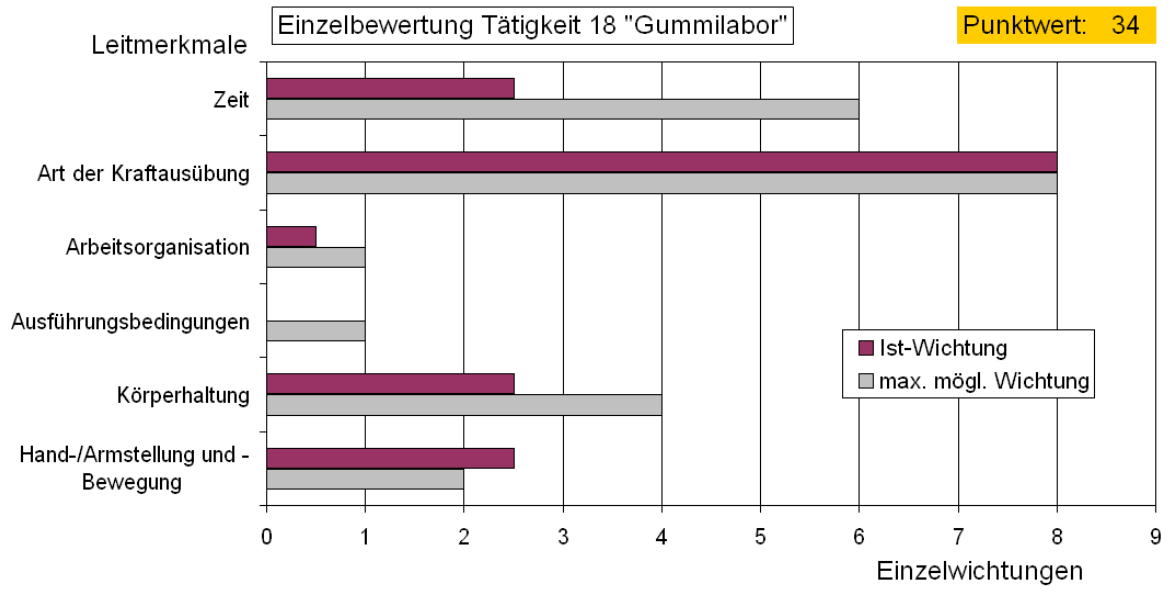












Anhang 3

Bewertung physischer und umgebungsbedingter Belastungen

Anh. 3, Tab. 1 Bewertung der Arbeitsbelastungen durch die Beschäftigten stratifiziert nach Risikobereiche entsprechend LMM MA 2007. Teil A des Fragebogens nach SLESINA (1987). Angabe der am stärksten besetzten Antwortkategorie (oft/mittel/selten/nie) pro Tätigkeitsmerkmal (Leerrfelder: Daten nicht erhoben).

| Fragebogen nach SLESINA zu Belastungen und Beanspruchungen / Teil A | Am stärksten besetzte Antwortkategorie pro Belastungsart und Risikokategorie (Kategorien oft/mittel/selten/nie) | | | |
|--|---|---------------|---------------|---------------|
| Frage: „Wie häufig oder wie stark trifft dieses Merkmal oder der Faktor auf Ihre Arbeit zu?“ ... | Risikokategorie nach LMM MA 2007 | | | |
| | <10 P. | 10 bis <25 P. | 25 bis <50 P. | ab 50 P. |
| SLA01 schwere körperliche Arbeit | nie | selten | nie | häufig |
| SLA22 Halten schwerer Lasten | | | nie | nie |
| SLA23 Heben schwerer Lasten | | | nie | selten |
| SLA24 Tragen schwerer Lasten | | | nie | nie/selten |
| SLA25 Ziehen und Schieben | | | nie | nie |
| | | | | |
| SLA27 Über-Kopf-Arbeit | | | nie | nie |
| SLA28 Zwangshaltung | selten | selten | nie | nie |
| SLA02 ungünstige Körperhaltung | selten | selten | häufig | häufig |
| | | | | |
| SLA26 Gehen | | | häufig | häufig |
| SLA03 Stehen | | | häufig | häufig |
| SLA04 Sitzen | | | häufig | nie |
| SLA05 Bewegungsmangel | | | nie | nie |
| SLA09 Handgeschicklichkeit | | | häufig | häufig |
| SLA08 genaues Detailsehen | | | häufig | häufig |
| | | | | |
| SLA47 Vibrationen / Schwingungen | | | nie | nie |
| SLA16 Lärm | selten | selten | häufig | häufig |
| SLA17 Hitze | selten | selten | nie | mittel |
| SLA18 Nässe | | | nie | nie |
| SLA20 Zugluft | selten | selten | nie | häufig |
| SLA19 ungünstige Beleuchtung | nie | selten | nie | nie |
| SLA43 Unfallrisiko | | | selten | selten |
| | | | | |
| SLA46 Gerüche | nie | selten | häufig | häufig |
| SLA45 Staub/Schmutz | nie | selten | nie | häufig |
| SLA44 chemische Stoffe | nie | mittel | häufig | nie |
| | | | | |
| SLA10 Nachdenken | | | häufig | selten |
| SLA06 Konzentration | | | häufig | häufig |
| SLA07 einförmige Arbeit | mittel | mittel | häufig | häufig |
| SLA13 taktgebundene Arbeit | | | nie | häufig |

Anh. 3, Tab. 1 (Fortsetzung)

| Fragebogen nach SLESINA zu Belastungen und Beanspruchungen / Teil A | Am stärksten besetzte Antwortkategorie pro Belastungsart und Risikokategorie (Kategorien oft/mittel/selten/nie) | | | |
|--|---|---------------|---------------|---------------|
| Frage: „Wie häufig oder wie stark trifft dieses Merkmal oder der Faktor auf Ihre Arbeit zu?“ ... | Risikokategorie nach LMM MA 2007 | | | |
| | <10 P. | 10 bis <25 P. | 25 bis <50 P. | ab 50 P. |
| SLA15 Schichtarbeit | nie | nie | häufig | häufig |
| SLA40 Überstunden | | | mittel | selten |
| SLA42 Wochenendarbeit | | | selten | selten |
| | | | | |
| SLA30 abhängig vom Maschinentempo | | | häufig | nie |
| SLA29 abhängig vom Tempo der Kollegen | | | nie | nie |
| SLA41 Kontrolle durch Kollegen | | | nie | selten |
| SLA37 Leistungsdruck | | | mittel | mittel |
| SLA14 Termindruck | mittel | mittel | mittel | mittel |
| SLA21 Zeitdruck | | | mittel | mittel |
| | | | | |
| SLA32 Verantwortung für Maschinen | | | häufig | häufig |
| SLA11 selbständiges Entscheiden | | | häufig | mittel |
| SLA12 selbständige Arbeitseinteilung | | | häufig | häufig |
| SLA31 Anweisungen geben | | | nie | nie |
| SLA33 Verantwortung für andere | | | nie | nie |
| | | | | |
| SLA36 Unterbr. durch Maschinenstörungen | | | mittel | selten |
| SLA34 Unterbrechung durch Kollegen | | | mittel | selten |
| SLA35 Unterbrechung durch Vorgesetzte | | | selten | selten |
| | | | | |
| SLA38 Ärger mit Kollegen | | | nie | selten |
| SLA39 Ärger mit Vorgesetzten | | | nie | nie |

Anh. 3, Tab. 2 Bewertung der Arbeitsbelastungen durch die Beschäftigten stratifiziert nach Risikobereiche entsprechend LMM MA 2007. Teil B des Fragebogens nach SLESINA (1987). Prozentualer Anteil der Ja-Antworten pro Tätigkeitsmerkmal (Leerfelder: Daten nicht erhoben).

| Fragebogen nach SLESINA zu Belastungen und Beanspruchungen / Teil B | Proz. Anteil der Beschäftigten, die auf die Frage mit „ja“ geantwortet haben. | | | |
|--|---|---------------|---------------|-------------|
| Frage: „Fühlen Sie sich selbst dadurch körperlich oder geistig belastet oder beansprucht?“ | Risikokategorie nach LMM MA 2007 | | | |
| | <10 P. | 10 bis <25 P. | 25 bis <50 P. | ab 50 P. |
| SLB01 schwere körperliche Arbeit | | | 36 % | 59 % |
| SLB22 Halten schwerer Lasten | | | 30 % | 42 % |
| SLB23 Heben schwerer Lasten | | | 31 % | 43 % |
| SLB24 Tragen schwerer Lasten | | | 30 % | 42 % |
| SLB25 Ziehen und Schieben | | | 9 % | 28 % |
| | | | | |
| SLB27 Über-Kopf-Arbeit | | | 15 % | 14 % |
| SLB28 Zwangshaltung | | | 38 % | 34 % |
| SLB02 ungünstige Körperhaltung | | | 61 % | 71 % |
| SLB26 Gehen | | | 19 % | 19 % |
| SLB03 Stehen | | | 46 % | 51 % |
| SLB04 Sitzen | | | 16 % | 11 % |
| SLB05 Bewegungsmangel | | | 17 % | 13 % |
| | | | | |
| SLB09 Handgeschicklichkeit | | | 23 % | 34 % |
| SLB47 Vibrationen/Schwingungen | | | 11 % | 20 % |
| SLB16 Lärm | | | 46 % | 56 % |
| SLB17 Hitze | | | 44 % | 58 % |
| SLB18 Nässe | | | 9 % | 7 % |
| SLB20 Zugluft | | | 40 % | 45 % |
| SLB19 ungünstige Beleuchtung | | | 18 % | 26 % |
| SLB43 Unfallrisiko | | | 5 % | 16 % |
| | | | | |
| SLB46 Gerüche | | | 42 % | 53 % |
| SLB45 Staub/Schmutz | | | 26 % | 38 % |
| SLB44 chemische Stoffe | | | 26 % | 28 % |
| | | | | |
| SLB10 Nachdenken | | | 16 % | 14 % |
| SLB06 Konzentration | | | 24 % | 24 % |
| SLB07 eiförmige Arbeit | | | 26 % | 27 % |
| SLB08 genaues Detailsehen | | | 33 % | 24 % |
| | | | | |
| SLB13 taktgebundene Arbeit | | | 15 % | 23 % |
| SLB15 Schichtarbeit | | | 37 % | 49 % |
| SLB40 Überstunden | | | 11 % | 9 % |
| SLB42 Wochenendarbeit | | | 21 % | 22 % |

Anh. 3, Tab. 2 (Fortsetzung)

| Fragebogen nach SLESINA zu Belastungen und Beanspruchungen / Teil B | Proz. Anteil der Beschäftigten, die auf die Frage mit „ja“ geantwortet haben. | | | |
|--|---|---------------|---------------|----------|
| Frage: „Fühlen Sie sich selbst dadurch körperlich oder geistig belastet oder beansprucht?“ | Risikokategorie nach LMM MA 2007 | | | |
| | <10 P. | 10 bis <25 P. | 25 bis <50 P. | ab 50 P. |
| SLB30 abhängig vom Maschinentempo | | | 25 % | 21 % |
| SLB29 abhängig vom Tempo der Kollegen | | | 14 % | 26 % |
| SLB41 Kontrolle durch Kollegen | | | 6 % | 12 % |
| SLB37 Leistungsdruck | | | 36 % | 41 % |
| SLB14 Termindruck | | | 32 % | 33 % |
| SLB21 Zeitdruck | | | 40 % | 45 % |
| | | | | |
| SLB32 Verantwortung für Maschinen | | | 5 % | 12 % |
| SLB11 selbständiges Entscheiden | | | 9 % | 10 % |
| SLB12 selbständige Arbeitseinteilung | | | 5 % | 6 % |
| SLB31 Anweisungen geben | | | 3 % | 7 % |
| SLB33 Verantwortung für andere | | | 2 % | 6 % |
| | | | | |
| SLB36 Unterbr. durch Maschinenstörungen | | | 33 % | 19 % |
| SLB34 Unterbrechung durch Kollegen | | | 13 % | 13 % |
| SLB35 Unterbrechung durch Vorgesetzte | | | 13 % | 11 % |
| | | | | |
| SLB38 Ärger mit Kollegen | | | 16 % | 23 % |
| SLB39 Ärger mit Vorgesetzten | | | 11 % | 16 % |

Anhang 4

LMM MA 2011 – Formblatt

Leitmerkmalmethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen

Gibt es pro Arbeitstag mehrere unterschiedliche Arbeitsaufgaben, sind diese getrennt zu erfassen.

Arbeitsaufgabe

Version 2011

1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung





| | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| Gesamtdauer dieser Tätigkeit pro Schicht [bis ... Stunden] | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Zeitwichtung | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 |

2. Schritt: Bestimmung der Wichtungen von Art der Kraftausübung, Greifbedingungen, Arbeitsorganisation, Ausführungsbedingungen, Körperhaltung und Hand-/Armstellung und -bewegung

| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | | Halten | | | | Bewegen | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|-------|------|----|--|-----|-------------|-------|--------------|-----|
| | | mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | |
| | | 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 |
| | | Wichtung | | | | | | | | | |
| Höhe | | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | |
| gering | | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | |
| | | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | |
| | | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | |
| | | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| | | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | |
| hoch | | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| | | Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | Linke Hand: | | Rechte Hand: | |

Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.





| Kraftübertragung / Greifbedingungen | Wichtung |
|--|----------|
| Optimale Kraftübertragung/-einleitung / Arbeitsgegenstände gut greifbar (z.B. Stabform, Griffmulden) / gute ergonomische Griffgestaltung (Griffe, Tasten, Werkzeuge) | 0 |
| Eingeschränkte Kraftübertragung/-einleitung / erhöhte Haltekräfte erforderlich / keine gestalteten Griffe | 2 |
| Kraftübertragung/-einleitung erheblich behindert / Arbeitsgegenstände kaum greifbar (schmierig, weich, scharfkantig) / keine oder ungeeignete Griffe | 4 |

| Hand-/Armstellung und -bewegung ¹⁾ | Wichtung |
|---|----------|
|  Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur selten Abweichungen | 0 |
|  Eingeschränkt: gelegentliche Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 1 |
|  Ungünstig: Häufige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 2 |
|  Schlecht: Ständige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung | 3 |

¹⁾ Es sind die typischen Stellungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

| Arbeitsorganisation | Wichtung |
|--|----------|
| Häufig Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / mehrere Arbeitsgänge / ausreichende Erholungsmöglichkeit | 0 |
| Selten Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Arbeitsgänge / Erholzeiten ausreichend | 1 |
| Kein/kaum Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Einzelbewegungen pro Vorgang / hohes Arbeitstempo durch hohe Austaktung und/oder hohe Akkordarbeitsleistung / ungleichmäßiger Arbeitsablauf mit zeitweise hohen Belastungsspitzen / zu wenig oder zu kurze Erholzeiten | 2 |

In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen.

| Ausführungsbedingungen | | Wichtung |
|--|--|----------|
| Gut: sichere Detaillierkennbarkeit/ keine Blendung / gute klimatische Bedingungen | | 0 |
| Eingeschränkt: erschwerte Detaillierkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Konzentrationsstörungen durch Geräusche | | 1 |
| <i>In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. Bei sehr ungünstigen Bedingungen kann die Wichtung 2 vergeben werden.</i> | | |
| 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 / kein Greifen über Schulterhöhe | 0 |
|  | Eingeschränkt: Rumpf mit leichter Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / überwiegend Sitzen mit gelegentlichem Stehen oder Gehen / gelegentliches Greifen über Schulterhöhe | 1 |
|  | Ungünstig: Rumpf deutlich vorgeneigt und/oder verdreht / Kopfhaltung zur Detaillierkennung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Stehen ohne Gehen / häufiges Greifen über Schulterhöhe / häufiges körperfermes Greifen | 3 |
|  | Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung / häufiges Bücken / ständiges Greifen über Schulterhöhe / ständiges körperfermes Greifen | 5 |
| ^{*)} Es sind die typischen Körperhaltungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden. | | |

3. Schritt: Bewertung

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

| | | | | |
|---|---|--|----------|--|
| | Art der Kraftausübung(en) Im Finger-Hand-Bereich | | | |
| + | Kraftübertragung/Greifbedingungen | | | |
| + | Hand-/Armstellung und -bewegung | | | |
| + | Arbeitsorganisation | | | |
| + | Ausführungsbedingungen | | | |
| + | Körperhaltung | | | |
| = | 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 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 zu prüfen. |
| 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.

Anhang 5

LMM MA 2011 – Kurzfassung der Handlungsanleitung

Wie wird analysiert?

Mit der LMM MA werden

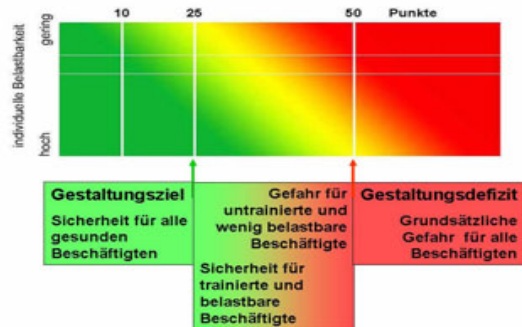
1. die wichtigsten Arbeitsanforderungen (Leitmerkmale) einzeln gewichtet und
2. die Höhe der physischen Gesamtbelastung bewertet.

Zur Verringerung der Stufungen bei den Wichtungen der Leitmerkmale und zur Vermeidung von Fehleinschätzungen in den Grenzbereichen dieser Stufungen wird empfohlen, bei allen Merkmalen interpolierte Zwischenwerte zu verwenden.

Was wird bewertet?

Mit der LMM MA wird die Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung bewertet.

Dabei wird davon ausgegangen, dass die Einhaltung der 25 Punkte-Grenze die Tätigkeit von allen Beschäftigten ohne die Gefahr einer physischen Überbeanspruchung ausgeführt werden kann. Für trainierte und physisch höher belastbare Beschäftigte ist die Überschreitung der 25 Punkte-Grenze akzeptabel. Oberhalb von 50 Punkten besteht jedoch für alle Beschäftigten die Gefahr einer physischen Überbeanspruchung, bei der mit gesundheitlichen Folgen zu rechnen ist. Die Grenzen von 25 und 50 Punkten sind als Orientierung zu verstehen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass mit steigenden Punktwerten die Belastung des Muskel-Skelett-Systems zunimmt.



Ablauf der Gefährdungsbeurteilung

Die Beurteilung erfolgt grundsätzlich für Teiltätigkeiten. Variieren innerhalb dieser Teiltätigkeit Art und Häufigkeit der Bewegungen, so sind Mittelwerte zu bilden.

Treten innerhalb eines Arbeitstages **mehrere Teiltätigkeiten** mit deutlich unterschiedlichen Merkmalen auf, sind diese **getrennt einzuschätzen** und zu dokumentieren.

Eine zusammenfassende Beurteilung ist mit dem Formblatt LMM MA nicht möglich. Hierfür ist das rechnergestützte erweiterte Analyseverfahren **LMM MA E** zu verwenden.

Eine gute Kenntnis der zu beurteilenden Teiltätigkeit ist unbedingte Voraussetzung. Ist diese nicht vorhanden, darf keine Beurteilung vorgenommen werden. Grobe Schätzungen oder Vermutungen führen zu falschen Ergebnissen.



Zeitwichtung

| | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| Gesamtdauer dieser Tätigkeit pro Schicht [bis ... Stunden] | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Zeitwichtung | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 |

Die Zeitwichtung erfolgt anhand der Tabelle. Es ist die Dauer der zu beurteilenden Tätigkeit zu berücksichtigen. Rüstzeiten, Verteilzeiten und andere Arbeiten werden nicht berücksichtigt.

Wichtung der Kraftausübung

| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | | Halten | | | | Bewegen | | | | | |
|--|--|--------------------------------------|-------|------|----|--|----------------------|-------------------------|-------|-------|-----|
| | | mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | |
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele | 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 |
| | Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | |
| hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| <i>Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.</i> | | Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | Linke Hand: 6 | Rechte Hand: 5,5 | | | |

Ausfüllbeispiel

Manuelle Arbeitsprozesse sind fast immer eine Abfolge von unterschiedlichen Handlungen. Dabei sind repetitive Handgriffe ebenso möglich wie längeres Halten und weite Armbewegungen. Für die Analyse werden alle wesentlichen Handlungen in der Wichtungstabelle für die linke und rechte Hand getrennt markiert. Als Gesamtwichtung ist der höhere der beiden Werte zu verwenden. Dabei werden sowohl die Art der Kraftausübung (Zeilen) als auch die Häufigkeit/Dauer (Spalten) berücksichtigt.

Für die Einstufung ist es hilfreich, wenn der Beurteiler selbst die Kraftausübung testet.

Die Erfassung der **Art der Kraftausübungen** erfolgt durch Abschätzung nach Beobachtung und ggf. Befragung der Beschäftigten. Die Beschreibung und die Beispiele dienen als Einstufungshilfe.

Die Erfassung der **Dauer/Häufigkeit** der einzelnen Handlungen erfolgt durch die Analyse von mehreren Arbeitszyklen. Als Arbeitszyklus wird ein zusammenhängender Zeitabschnitt verstanden, in dem ein Bearbeitungsprozess abläuft. Dies können wenige Sekunden sein (z. B. Einlegen eines Teils in eine Maschine) oder mehrere Minuten (z. B. Komplettmontage eines Produktes). Wichtig ist, dass repräsentative Werte durch Zählen und Zeitmessung ermittelt werden. Erfahrungsgemäß reicht bei Zykluszeiten bis 60 s dazu die Analyse von 5 bis 10 Zyklen aus. Bei längeren Zykluszeiten müssen 10 bis 15 Zyklen analysiert werden. Die gezählten Gesamthäufigkeiten bzw. gemessenen Gesamtdauern sind dann durch die Anzahl der beobachteten Minuten zu dividieren. Daraus errechnen sich die mittleren Haltedauern und mittlere Bewegungshäufigkeiten. Bei komplexen Teiltätigkeiten wird empfohlen ein Video

zu erstellen und dieses in Ruhe zu beurteilen. Welche Kräfte treten auf, welche kann man zu einer Gruppe zusammenfassen? Wird 4 oder mehr Sekunden gehalten? Dann Häufigkeiten und Haltedauern der verschiedenen Belastungen eintragen.

Eine Unterscheidung zwischen Rechts- und Linkshändern wird nicht vorgenommen, da die Tätigkeit und nicht die Person bewertet wird.




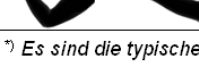
Die Auslösewerte und Grenzwerte für die Exposition gegenüber schädigender Hand-Arm-Vibration werden bei den üblicherweise verwendeten Werkzeugen fast immer sicher eingehalten. Kommen allerdings Werkzeuge mit deutlich erkennbarer Vibrationserzeugung zum Einsatz, so ist gemäß Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz-Verordnung (LärmVibrations-ArbSchV) eine getrennte Gefährdungsbeurteilung vorzunehmen.

Wichtung der Kraftübertragung

| Kraftübertragung / Greifbedingungen | Wichtung |
|---|----------|
| Optimale Kraftübertragung/-einleitung / Arbeitsgegenstände gut greifbar (z.B. Stabform, Griffmulden) / gute ergonomische Griffgestaltung (Griffe, Tasten, Werkzeuge) | 0 |
| Eingeschränkte Kraftübertragung/-einleitung / erhöhte Haltekräfte erforderlich / keine gestalteten Griffe | 2 |
| Kraftübertragung/-einleitung erheblich behindert / Arbeitsgegenstände kaum greifbar (schmierig, weich, scharfkantig) / keine oder ungeeignete Griffe | 4 |

Die Wichtung der Kraftübertragung/Greifbedingungen erfolgt anhand der Merkmale in der Tabelle. Die Einstufung ist entsprechend ihrer Wirkung auf die physische Belastung vorzunehmen, insbesondere hinsichtlich erhöhter Finger- und Handschlusskräfte. Für die Einstufung ist es hilfreich, wenn der Beurteiler selbst die Kraftübertragung testet. Wird ohne Griffe gearbeitet (z. B. bei direktem Materialkontakt wie beim Zusammenstecken von Bauteilen) ist dies nicht automatisch Wichtung 4, sondern es ist die Kraftübertragung auf den Materialkörper zu bewerten. Ist das Material gut greifbar kann auch ohne Griffe die Wichtung 0 erreicht werden.

Wichtung der Hand-/Arm-Stellung

| Hand-/Armstellung und -bewegung ^{*)} | Wichtung |
|--|----------|
|  Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur selten Abweichungen | 0 |
|  Eingeschränkt: gelegentliche Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 1 |
|  Ungünstig: Häufige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 2 |
|  Schlecht: Ständige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung | 3 |

^{*)} Es sind die typischen Stellungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

Die Wichtung der Hand-/Armstellung und -Bewegung erfolgt anhand der Merkmale in der Tabelle. Dabei sind das Bewegungsausmaß und die Häufigkeit zu berücksichtigen. Für die Einstufung ist es hilfreich, wenn die Bewegungen durch eigenes Ausführen durch den Beurteiler nachvollzogen werden.

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

Wichtung der Arbeitsorganisation

| Arbeitsorganisation | Wichtung |
|---|----------|
| Häufig Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / mehrere Arbeitsgänge / ausreichende Erholungsmöglichkeit | 0 |
| Selten Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Arbeitsgänge / Erholzeiten ausreichend | 1 |
| Kein/kaum Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Einzelbewegungen pro Vorgang / hohes Arbeitstempo durch hohe Austaktung und/oder hohe Akkordarbeitsleistung / ungleichmäßiger Arbeitsablauf mit zeitweise hohen Belastungsspitzen / zu wenig oder zu kurze Erholzeiten | 2 |
| <i>In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen.</i> | |

Die Wichtung der Arbeitsorganisation erfolgt anhand der Merkmale in der Tabelle. Diese sind lediglich eine Einstufungshilfe. Im Vordergrund steht hierbei die Frage, ob die Belastungen für den Beschäftigten sehr einseitig sind und nur begrenzt Erholungsmöglichkeiten existieren, oder ob Belastungswechsel, z. B. durch andere Tätigkeiten oder durch lange Zykluszeiten mit unterschiedlichen Anforderungen vorkommen und belastete Körperregionen sich wieder erholen können.





Da die in der Tabelle genannten Merkmale 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 ihrer Wirkung auf die physische Belastung vorzunehmen, insbesondere hinsichtlich der Einseitigkeit und der fehlenden Erholungsmöglichkeiten.

Wichtung der Ausführungsbedingungen

| Ausführungsbedingungen | Wichtung |
|--|----------|
| Gut: sichere Detailerkennbarkeit/ keine Blendung / gute klimatische Bedingungen | 0 |
| Eingeschränkt: erschwerte Detailerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Konzentrationsstörungen durch Geräusche | 1 |
| <i>In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. Bei sehr ungünstigen Bedingungen kann die Wichtung 2 vergeben werden.</i> | |

Die Wichtung der Ausführungsbedingungen erfolgt anhand der Merkmale in der Tabelle. Es sind die zeitlich überwiegenden Ausführungsbedingungen zugrunde zu legen. 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, insbesondere wenn die Arbeitsausführung behindert wird und es zu einer erhöhten Anspannung kommt. Die Wichtung 2 kann bei besonders ungünstigen Bedingungen vergeben werden. Gelegentliche oder sicherheitstechnische Mängel ohne Bedeutung für die physische Belastung sollten hier nicht berücksichtigt werden.

Wichtung der Körperhaltung

| 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 / kein Greifen über Schulterhöhe | 0 |
|  | Eingeschränkt: Rumpf mit leichter Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / überwiegend Sitzen mit gelegentlichem Stehen oder Gehen / gelegentliches Greifen über Schulterhöhe | 1 |
|  | Ungünstig: Rumpf deutlich vorgeneigt und/oder verdreht / Kopfhaltung zur Detailerkennung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Stehen ohne Gehen / häufiges Greifen über Schulterhöhe / häufiges körperfernes Greifen | 3 |
|  | Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung / häufiges Bücken / ständiges Greifen über Schulterhöhe / ständiges körperfernes Greifen | 5 |

***) Es sind die typischen Körperhaltungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

Es wird eine überschlägige Gesamteinschätzung vorgenommen. Für die Einstufung wird die typische, am längsten auftretende Körperhaltung zugrunde gelegt. Gelegentliche ungünstige Körperhaltungen werden nicht berücksichtigt. Treten Merkmale aus zwei Kategorien auf, z.B. "Wechsel von Sitzen und Stehen" und "häufigeres körperfernes Greifen" so ist in der Bewertung zwischen den Werten zu interpolieren".

Bewertung

| | | |
|---|--|--|
| | Art der Kraftausübung(en) im Finger-Hand-Bereich | |
| + | Kraftübertragung/Greifbedingungen | |
| + | Hand-/Armstellung und -bewegung | |
| + | Arbeitsorganisation | |
| + | Ausführungsbedingungen | |
| + | Körperhaltung | |
| = | Summe | |

\times Zeitwichtung = Punktwert

Die Bewertung jeder Teiltätigkeit erfolgt anhand eines **tätigkeitsbezogenen Punktwertes**. Dieser errechnet sich durch Addition der Wichtungen der Leitmerkmale und Multiplikation mit der Zeitwichtung.

| 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 zu prüfen. |
| 4 | ≥50 | Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich. |

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 die Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung zunimmt. Hohe Punktwerte sind ein Hinweis auf eine kritische Situation, die die Möglichkeit von Beschwerden erhöhen. Eine differenzierte Betrachtung der Einzelwichtungen 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 sowie der Nerven im Handgelenksbereich. 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, insbesondere dem Nackenbereich.

Ableitbare Gestaltungsnotwendigkeiten

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

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

Weitergehende Hinweise und Handlungsempfehlungen sind verfügbar in:

Ausführliche Anleitung zur Anwendung der Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse (LMM MA)

www.baua.de/leitmerkmalmethoden

Notizen

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying most of the page below the 'Notizen' header. It is intended for the user to write their notes.

Anhang 6

LMM MA 2011 – Ausführliche Handlungsanleitung

Gefährdungsbeurteilung bei physischen Belastungen

Ausführliche Anleitung zur Anwendung der Leitmerkmalmethode Manuelle Arbeitsprozesse (LMM MA)

Hrsg. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2011

Leitmerkmalmethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen
 Gibt es pro Arbeitsgattung mehrere unterschiedliche Arbeitsaufgaben, sind diese getrennt zu erfassen
 Arbeitsaufgabe: _____ Version 2011

1. Schritt: Bestimmung der Zeitwichtung

| | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| Ökonomischer Anteil pro Schicht (bis ... Stunden) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Zeitwichtung | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 |

2. Schritt: Bestimmung der Wichtigkeiten von Art der Kraftausübung, Greifbedingungen, Arbeitsorganisation, Ausführungsbedingungen, Körperhaltung und Hand-Armstellung und -bewegung

| Art der Kraftausübungen im Finger-Handbereich | Halter | | | | | | Bewegen | | | | | |
|---|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|----|-----------------------------------|-----|---|-------|---|-----|---|--|
| | mitt. Haltezeit (Sek. pro Minute) | | mitt. Haltezeit (Sek. pro Minute) | | mitt. Haltezeit (Sek. pro Minute) | | mitt. Bewegungsanzahl (Anzahl pro Minute) | | mitt. Bewegungsanzahl (Anzahl pro Minute) | | mitt. Bewegungsanzahl (Anzahl pro Minute) | |
| Höhe | 60-31 | 30-15 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 15-30 | 31-60 | >60 | Wichtung | |
| gering | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | |
| Mittlere Höhe | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 6 | | | |
| Hohes Greifen | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | |
| Sehr hohe Höhe | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | |
| Sehr hohe Höhe | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | |
| Sehr hohe Höhe | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | |
| hoch | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | |

| Kraftübertragung / Greifbedingungen | Wichtung |
|--|----------|
| Optimale Kraftübertragungseinrichtung / Arbeitsgegenstände gut greifbar (z.B. Stabform, Griffmatten) / gute ergonomische Griffgestaltung (Griffe, Tasten, Werkzeuge) | 0 |
| Eingeschränkte Kraftübertragungseinrichtung / erhöhte Haltekraft erforderlich / keine gestalteten Griffe | 2 |
| Kraftübertragungseinrichtung erheblich behindert / Arbeitsgegenstände kaum greifbar (schleimig, weich, scharfkantig) / keine oder ungeeignete Griffe | 4 |

| Hand-Armstellung und -bewegung | Wichtung |
|---|----------|
| Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur selten Abweichungen | 0 |
| Eingeschränkt: gelegentliche Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 1 |
| Ungünstig: häufige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 2 |
| Schlecht: Ständige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / lang dauernd statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung | 3 |

| Arbeitsorganisation | Wichtung |
|---|----------|
| Häufige Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / mehrere Arbeitsgänge / ausreichende Erholungsmöglichkeiten | 0 |
| Stellen Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Arbeitsgänge / Erholzeiten ausreichend | 1 |
| Kein Raum für Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Einzelbewegungen pro Vorgang / hohes Arbeitstempo durch hohe Ausstattung und/oder hohe Akkordabfertigung / ungleichermaßen Arbeitsablauf mit zeitweise hohen Belastungsspitzen / zu wenig oder zu kurze Erholzeiten | 2 |

| Ausführungsbedingungen | Wichtung |
|--|----------|
| Gut: zitiere Details erkennbar / keine Blendung / gute klimatische Bedingungen | 0 |
| Eingeschränkt: erschwerte Detailserkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Konzentrationserfordernisse durch Geräusche | 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 / kein Greifen über Schulterhöhe | 0 |
| Eingeschränkt: Rumpf mit leichter Neigung des Kopfes zum Handlungsbereich / überwiegend Sitzen mit gelegentlichem Stehen oder Gehen / gelegentliches Greifen über Schulterhöhe | 1 |
| Ungünstig: Rumpf deutlich vorgebeugt und/oder verdreht / Kopfhaltung zur Detailserkennung vorgebeugt / eingeschränkte Beweglichkeit / ausschließlich Stehen ohne Gehen / häufiges Greifen über Schulterhöhe / häufiges körperfernes Greifen | 3 |
| Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgebeugt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfhaltung oder Verdrehung / häufiges Bücken / ständiges Greifen über Schulterhöhe / ständiges körperfernes Greifen | 5 |

Es sind die typischen Körperhaltungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

3. Schritt: Bewertung

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

| | | | | | |
|---|-------------------------------------|--|--|--|--|
| + | Arbeitsorganisation | | | | |
| + | Kraftübertragung / Greifbedingungen | | | | |
| + | Hand-Armstellung und -bewegung | | | | |
| + | Ausführungsbedingungen | | | | |
| + | Körperhaltung | | | | |
| = | Summe | | | | |

$\text{Summe} \times \text{Zeitwichtung} = \text{Punktwert}$

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

| Risikobereich | Punktwert | Beschreibung |
|---------------|------------|--|
| 1 | <10 | Geringe Belastung, Gesundheitgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich. |
| 2 | 10 bis <25 | Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermehrt 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 erforderlich. |
| 4 | ≥50 | Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. Gestaltungsmaßnahmen sind erforderlich. |

Die Grenzen zwischen den Risikobereichen sind aufgrund der individuellen Arbeitsschritte und Leistungsprämissen flexibel. Die Wert der Belastung ist als Orientierungswert zu verstehen. Grundsätzlich sind bei Ausgängen über die Punktwerte die Belastung des Muskel-Skelettsystems zu prüfen.
 Hrsg. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2011 www.baua.de

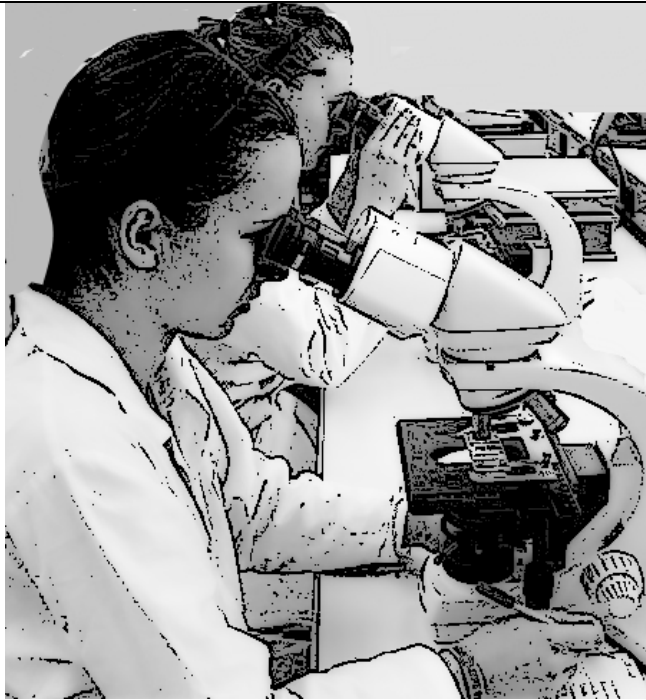
Formblatt LMM MA

Bei welchen Tätigkeiten kann diese Methode angewendet werden?

Diese Methode dient der Beurteilung von Tätigkeiten mit überwiegender Belastung des Finger-Hand-Arm-Bereichs bei manuellen Arbeiten. Typische Merkmale dieser Tätigkeiten sind häufige Wiederholungen gleicher oder ähnlicher Handgriffe, häufig verbunden mit Anforderungen an die Geschicklichkeit und das Erkennen von kleinen Details. Meist erfolgt die Arbeitsausführung im Sitzen oder Stehen mit geringen Rumpf- und Beinbewegungen. Zwischenzeitliches Laufen, Bücken oder Arbeiten über Kopf ist möglich. Grundsätzlich können manuelle Arbeitsprozesse in vier Kategorien eingeteilt werden. Jede dieser Kategorien ist durch typische Anforderungs-/Belastungs-Muster gekennzeichnet.

Kategorie A**Präzisionsarbeit mit hohen Sehanforderungen****Beispiele**

- Goldschmiedearbeiten
- Uhren- und Uhrwerkmontage
- Medizinische Kleingeräteherstellung
- Montage von Komponenten für Lichtleitertechnik
- Arbeiten an Mikroskopen

**Physische Anforderungen und Belastungen**

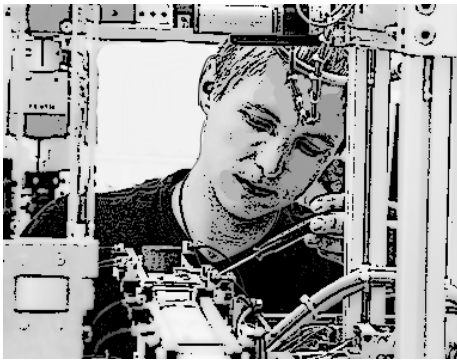
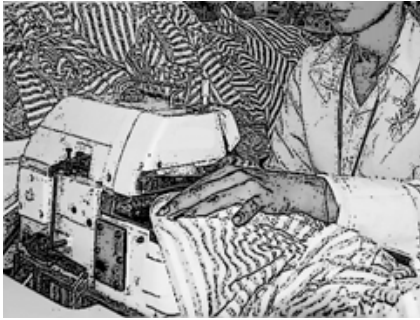
- Präzisionsarbeit mit sehr geringen Aktionskräften
- Arbeitsausführung ausschließlich im Sitzen
- Statische Belastung von Rücken, Schulter, Nacken
- Anspannung durch hohe Sehanforderungen und Konzentration
- Bewegungsmangel

Präventionsmöglichkeiten

- Individuelle Anpassung des Arbeitsplatzes
- Regelmäßige Bewegungsmöglichkeiten
- Optimale Arbeitsplatzbeleuchtung
- Armauflagen

Kategorie B**Feinmotorische Arbeit mit hohen Sehanforderungen****Beispiele**

- Näharbeiten
- Montage elektrischer Kleingeräte, elektronischer Steckverbindungen
- Handbestückung von Leiterplatten
- Montage von Anzeige- und Sensortechnik

**Physische Anforderungen und Belastungen**

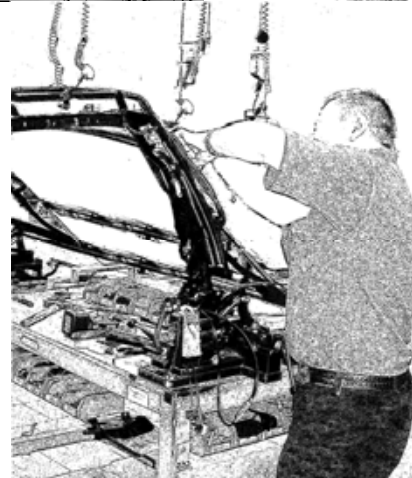
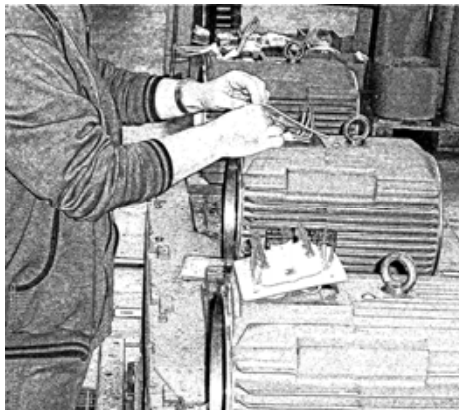
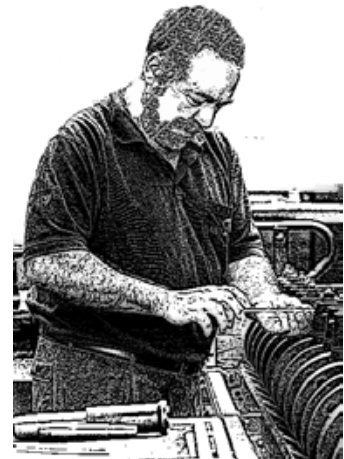
- Genaue Arbeit mit geringeren Aktionskräften
- Arbeitsausführung fast immer im Sitzen
- Statische Belastung von Rücken, Schulter, Nacken
- Statische Haltung der Arme, teilweise mit repetitiven Anteilen
- Bewegungsmangel

Präventionsmöglichkeiten

- Individuelle Anpassung des Arbeitsplatzes
- Regelmäßige Bewegungsmöglichkeiten
- Optimale Arbeitsplatzbeleuchtung
- Systematischer Wechsel von Tätigkeiten zum Belastungsausgleich

Kategorie C**Arbeit mit mittlerem Kraftaufwand und normalen Sehanforderungen****Beispiele**

- Armaturenbau
- Bau von Haushaltgeräten
- Montage von Handbohrmaschinen
- Verpacken von Lebensmitteln
- Arbeit an Sortierbändern
- Herstellung von Backwaren

**Physische Anforderungen und Belastungen**

- Arbeit mit geringen bis mittleren Aktionskräften
- Arbeitsausführung meist im Stehen
- Statische Belastung der Beine und des Rückens durch Stehen
- Statische Belastung des Rückens und der Schultern durch ungünstige Armhaltungen
- Belastung der Hand-Arm-Muskulatur durch repetitive Kraftausübungen

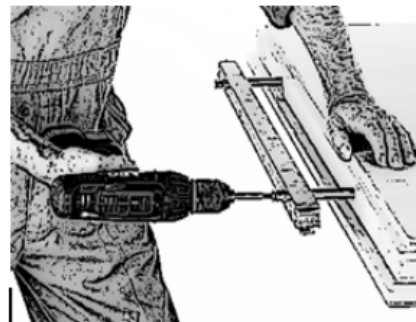
Präventionsmöglichkeiten

- Systematischer Wechsel von Tätigkeiten zum Belastungsausgleich Optimierung der Werkzeuge
- Optimierung der Arbeitsplatzmaße

| | |
|--------------------|---|
| Kategorie D | Arbeit mit erhöhtem Kraftaufwand und normalen Sehanforderungen |
|--------------------|---|

Beispiele

- Polstern, Sattlern
- Verschraubungen mit hohen Drehmomenten
- Getriebemontage
- Fleischzerlegung
- Möbelbau

**Physische Anforderungen und Belastungen**

- Arbeit mit mittleren bis hohen Aktionskräften im Finger-, Hand- und/oder Armbereich
- Arbeitsausführung fast immer im Stehen
- Statische Belastung der Beine und des Rückens durch Stehen
- Statische Belastung des Rückens und der Schultern durch ungünstige Armhaltungen
- Belastung der Hand-Arm-Muskulatur durch hohe Aktionskräfte
- Zusätzliche Belastungen durch Heben, Halten, Tragen

Präventionsmöglichkeiten

- Systematischer Wechsel von Tätigkeiten zum Belastungsausgleich
- Optimierung der Werkzeuge
- Optimierung der Arbeitsplatzmaße

Zeitwichtung

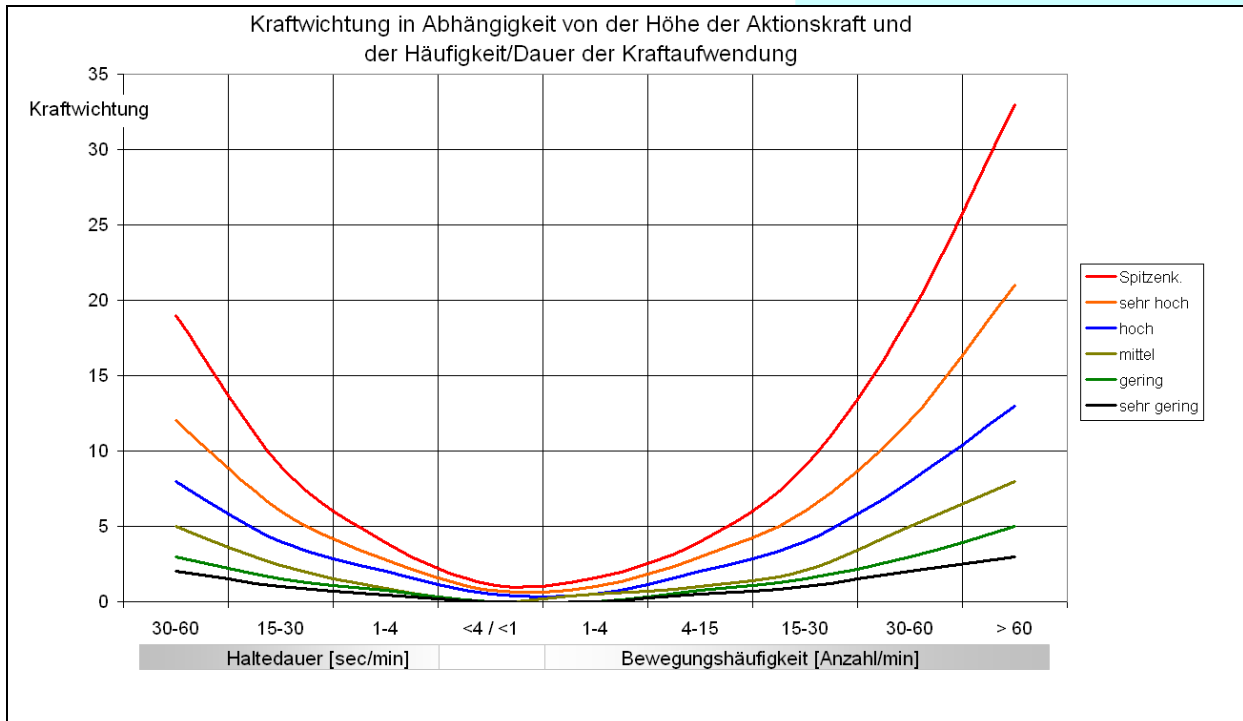
| | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| Gesamtdauer dieser Tätigkeit pro Schicht [bis ... Stunden] | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Zeitwichtung | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 |

Die Zeitwichtung erfolgt anhand der Tabelle. Es ist die Dauer der zu beurteilenden Tätigkeit zu berücksichtigen. Rüstzeiten, Verteilzeiten und andere Arbeiten werden nicht berücksichtigt. Die Gesamtdauer der Tätigkeit pro Schicht ergibt sich aus der Dauer und der Häufigkeit der analysierten Arbeitszyklen pro Schicht.

Beispiel 1: Der analysierte Arbeitszyklus besteht aus dem Einlegen eines Teils in eine Maschine und dauert jeweils 6 Sekunden. Dieser Zyklus wird pro Schicht 3000 Mal wiederholt. Daraus ergibt sich eine Gesamtdauer der Tätigkeit pro Schicht von $3000 \times 6 \text{ s} = 5 \text{ Stunden}$. Die Zeitwichtung ist 3.

Beispiel 2: Der analysierte Arbeitszyklus besteht aus der Komplettmontage eines Produktes und dauert jeweils 5 Minuten. Dieser Zyklus wird pro Schicht 30 Mal wiederholt. Daraus ergibt sich eine Gesamtdauer der Tätigkeit pro Schicht von $30 \times 5 \text{ min} = 2,5 \text{ Stunden}$. Die (interpolierte) Zeitwichtung ist 1,75.

Wichtung der Kraftausübung



| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | | Halten | | | | Bewegen | | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|-------|------|----|--|-----|------|----------------------|-------|-------------------------|--|
| | | mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | |
| | | 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | |
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div> <p>Höhe</p> <p>gering</p> <p>Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen</p> <p>Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen</p> <p>Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen</p> <p>Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindringen / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen</p> <p>Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen</p> <p>Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindringen</p> <p>hoch</p> <p>Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust</p> </div> </div> <p><small>Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.</small></p> | | Wichtung | | | | | | | | | | |
| | | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | |
| | | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | |
| | | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | |
| | | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | |
| | | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | |
| | | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | |
| | | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | |
| | | Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | Linke Hand: 6 | | Rechte Hand: 5,5 | |

Ausfüllbeispiel

Manuelle Arbeitsprozesse sind fast immer eine Abfolge von unterschiedlichen Handlungen. Dabei sind repetitive Handgriffe ebenso möglich wie längeres Halten und weite Armbewegungen. Für die Analyse werden alle wesentlichen Handlungen in der Wichtungstabelle für die linke und rechte Hand getrennt markiert. Als Gesamtwichtung ist der höhere der beiden Werte zu verwenden. Dabei werden sowohl die Art der Kraftausübung (Zeilen) als auch die Häufigkeit/Dauer (Spalten) berücksichtigt.

Für die Einstufung ist es hilfreich, wenn der Beurteiler selbst die Kraftausübung testet.

Die Erfassung der **Art der Kraftausübungen** erfolgt durch Abschätzung nach Beobachtung und ggf. Befragung der Beschäftigten. Die Beschreibung und die Beispiele dienen als Einstufungshilfe.

Die Erfassung der **Dauer/Häufigkeit** der einzelnen Handlungen erfolgt durch die Analyse von mehreren Arbeitszyklen. Als Arbeitszyklus wird ein zusammenhängender Zeitabschnitt verstanden, in dem ein Bearbeitungsprozess abläuft. Dies können wenige Sekunden sein (z. B. Einlegen eines Teils in eine Maschine) oder mehrere Minuten (z. B. Komplettmontage eines Produktes). Wichtig ist, dass repräsentative Werte durch Zählen und Zeitmessung ermittelt werden. Erfahrungsgemäß reicht bei Zykluszeiten bis 60 s dazu die Analyse von 5 bis 10 Zyklen aus. Bei längeren Zykluszeiten müssen 10 bis 15 Zyklen analysiert werden. Die gezählten Gesamthäufigkeiten bzw. gemessenen Gesamtdauern sind dann durch die Anzahl der beobachteten Minuten zu dividieren. Daraus errechnen sich die mittleren Haltedauern und mittlere Bewegungshäufigkeiten. Bei komplexen Teiltätigkeiten wird empfohlen ein Video zu erstellen und dieses in Ruhe zu beurteilen. Welche Kräfte treten auf, welche kann man zu einer Gruppe zusammenfassen? Wird 4 oder mehr Sekunden gehalten? Dann Häufigkeiten und Haltedauern der verschiedenen Belastungen eintragen.

In der Spalte



| | |
|----|----|
| <4 | <1 |
|----|----|

 können seltene und/oder kurze Kraftaufwendungen erfasst werden. Wichtig ist das bei Zyklen mit einer Dauer, die deutlich über 60 sec liegt.

Eine Unterscheidung zwischen Rechts- und Linkshändern wird nicht vorgenommen, da die Tätigkeit und nicht die Person bewertet wird.

Die Auslösewerte und Grenzwerte für die Exposition gegenüber schädigender Hand-Arm-Vibration werden bei den üblicherweise verwendeten Werkzeugen fast immer sicher eingehalten. Kommen allerdings Werkzeuge mit deutlich erkennbarer Vibrationserzeugung zum Einsatz, so ist gemäß Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz-Verordnung (LärmVibrationsArbSchV) eine getrennte Gefährdungsbeurteilung vorzunehmen.

Referenzbeispiele zur Wichtung der Kraftausübung

| Kategorie A | | Präzisionsarbeit mit hohen Sehansforderungen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--------|--|---------|------|---------|-------|-----|--|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|------|----|----|-----|------|-------|-------|-----|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|--|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|--|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|--|---|---|---|---|-----|---|---|---|----|--|----|---|---|---|---|---|---|----|----|--|----|---|---|---|---|---|---|----|----|--|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--|--|
|  | <p>Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Halten</th> <th colspan="7">Bewegen</th> </tr> <tr> <th colspan="4">mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute]</th> <th colspan="7">mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]</th> </tr> <tr> <th>60-31</th> <th>30-16</th> <th>15-4</th> <th><4</th> <th><1</th> <th>1-4</th> <th>5-15</th> <th>16-30</th> <th>31-60</th> <th>>60</th> </tr> <tr> <th colspan="10">Wichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>9</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>9</td> <td>19</td> <td>33</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Halten | | | | Bewegen | | | | | | | mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | Wichtung | | | | | | | | | | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | <p>Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.</p> |
| | Halten | | | | Bewegen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wichtung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Höhe</p> <p>gering</p> <p>hoch</p> <p>Beschreibung, typische Beispiele</p> <p>Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen</p> <p>Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen</p> <p>Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen</p> <p>Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindringen / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen</p> <p>Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen</p> <p>Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindringen</p> <p>Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust</p> | <p>Wichtungen der Kraftausübung:</p> <p>Linke Hand: 0,5</p> <p>Rechte Hand: 0,5</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | <p>Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Halten</th> <th colspan="7">Bewegen</th> </tr> <tr> <th colspan="4">mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute]</th> <th colspan="7">mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]</th> </tr> <tr> <th>60-31</th> <th>30-16</th> <th>15-4</th> <th><4</th> <th><1</th> <th>1-4</th> <th>5-15</th> <th>16-30</th> <th>31-60</th> <th>>60</th> </tr> <tr> <th colspan="10">Wichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>9</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>9</td> <td>19</td> <td>33</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Halten | | | | Bewegen | | | | | | | mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | Wichtung | | | | | | | | | | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | <p>Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.</p> |
| | Halten | | | | Bewegen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wichtung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Höhe</p> <p>gering</p> <p>hoch</p> <p>Beschreibung, typische Beispiele</p> <p>Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen</p> <p>Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen</p> <p>Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen</p> <p>Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindringen / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen</p> <p>Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen</p> <p>Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindringen</p> <p>Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust</p> | <p>Wichtungen der Kraftausübung:</p> <p>Linke Hand: 2</p> <p>Rechte Hand: 2</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Kategorie B

Feinmotorische Arbeit mit hohen Sehansforderungen

| | <p align="center">Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Höhe</th> <th>Beschreibung, typische Beispiele</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>gering</td> <td>Sehr geringe Kräfte z.B. Tasterbedienung / Verschieben / Ordnen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken</td> </tr> <tr> <td>hoch</td> <td>Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.</i></p> | Höhe | Beschreibung, typische Beispiele | gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tasterbedienung / Verschieben / Ordnen | | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen | | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen | | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen | | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen | | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken | hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Halten</th> <th colspan="10">Bewegen</th> </tr> <tr> <th colspan="2">mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute]</th> <th colspan="10">mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]</th> </tr> <tr> <th>60-31</th> <th>30-16</th> <th>15-4</th> <th><4</th> <th><1</th> <th>1-4</th> <th>5-15</th> <th>16-30</th> <th>31-60</th> <th>>60</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th colspan="12">Wichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>8</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>13</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>9</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>9</td> <td>19</td> <td>33</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="8">Wichtungen der Kraftausübung:</td> <td>Linke Hand: 3</td> <td colspan="2">Rechte Hand: 3</td> </tr> </tbody> </table> | Halten | | Bewegen | | | | | | | | | | mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | | Wichtung | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 3 | Rechte Hand: 3 | |
|-------------------------------------|--|--|----------------------------------|--------|---|------|--|-----------------|---|--|--|--|--|--|---|------|---|---|--------|--|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|-------|------|----|----|-----|------|-------|-------|-----|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|--|--|--|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|--|--|--|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|--|--|--|---|---|---|---|-----|---|---|---|----|--|--|--|----|---|---|---|---|---|---|----|----|--|--|--|----|---|---|---|---|---|---|----|----|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--|--|--|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|-----------------|----------------|--|
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tasterbedienung / Verschieben / Ordnen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Halten | | Bewegen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wichtung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 3 | Rechte Hand: 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p align="center">Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Höhe</th> <th>Beschreibung, typische Beispiele</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>gering</td> <td>Sehr geringe Kräfte z.B. Tasterbedienung / Verschieben / Ordnen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken</td> </tr> <tr> <td>hoch</td> <td>Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.</i></p> | Höhe | Beschreibung, typische Beispiele | gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tasterbedienung / Verschieben / Ordnen | | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen | | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen | | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen | | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen | | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken | hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Halten</th> <th colspan="10">Bewegen</th> </tr> <tr> <th colspan="2">mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute]</th> <th colspan="10">mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]</th> </tr> <tr> <th>60-31</th> <th>30-16</th> <th>15-4</th> <th><4</th> <th><1</th> <th>1-4</th> <th>5-15</th> <th>16-30</th> <th>31-60</th> <th>>60</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th colspan="12">Wichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>8</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>13</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>9</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>9</td> <td>19</td> <td>33</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="8">Wichtungen der Kraftausübung:</td> <td>Linke Hand: 1,5</td> <td colspan="2">Rechte Hand: 2</td> </tr> </tbody> </table> | Halten | | Bewegen | | | | | | | | | | mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | | Wichtung | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 1,5 | Rechte Hand: 2 | |
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tasterbedienung / Verschieben / Ordnen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Halten | | Bewegen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wichtung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 1,5 | Rechte Hand: 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p align="center">Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Höhe</th> <th>Beschreibung, typische Beispiele</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>gering</td> <td>Sehr geringe Kräfte z.B. Tasterbedienung / Verschieben / Ordnen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken</td> </tr> <tr> <td>hoch</td> <td>Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.</i></p> | Höhe | Beschreibung, typische Beispiele | gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tasterbedienung / Verschieben / Ordnen | | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen | | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen | | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen | | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen | | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken | hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Halten</th> <th colspan="10">Bewegen</th> </tr> <tr> <th colspan="2">mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute]</th> <th colspan="10">mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute]</th> </tr> <tr> <th>60-31</th> <th>30-16</th> <th>15-4</th> <th><4</th> <th><1</th> <th>1-4</th> <th>5-15</th> <th>16-30</th> <th>31-60</th> <th>>60</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th colspan="12">Wichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>8</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>13</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>9</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>9</td> <td>19</td> <td>33</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>21</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="8">Wichtungen der Kraftausübung:</td> <td>Linke Hand: 2,5</td> <td colspan="2">Rechte Hand: 3</td> </tr> </tbody> </table> | Halten | | Bewegen | | | | | | | | | | mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | | Wichtung | | | | | | | | | | | | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | | 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 2,5 | Rechte Hand: 3 | |
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tasterbedienung / Verschieben / Ordnen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Halten | | Bewegen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wichtung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 2,5 | Rechte Hand: 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Kategorie C

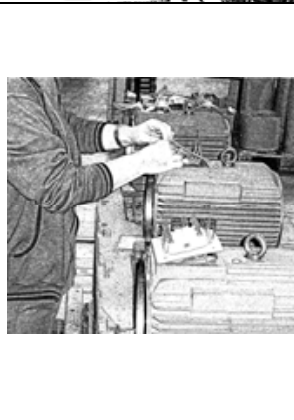
Arbeit mit mittlerem Kraftaufwand und normalen Sehanforderungen



| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | |
|---|--|
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand / kleinen Werkzeugen |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindringen / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen |
| | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindringen |
| hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust |

Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.

| Halten | | Bewegen | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|--|----|-----|-----|------|-------|---------------|----------------|
| mittl. Haltdauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 |
| Wichtung | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 4 | Rechte Hand: 6 |



| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | |
|---|--|
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand / kleinen Werkzeugen |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindringen / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen |
| | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindringen |
| hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust |

Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.

| Halten | | Bewegen | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|--|----|-----|-----|------|-------|---------------|----------------|
| mittl. Haltdauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 |
| Wichtung | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 3 | Rechte Hand: 3 |



| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | |
|---|--|
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand / kleinen Werkzeugen |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindringen / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen |
| | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindringen |
| hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust |

Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.

| Halten | | Bewegen | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|--|----|-----|-----|------|-------|---------------|----------------|
| mittl. Haltdauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 |
| Wichtung | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 5 | Rechte Hand: 5 |



| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | |
|---|--|
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand / kleinen Werkzeugen |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindringen / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen |
| | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindringen |
| hoch | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust |

Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.

| Halten | | Bewegen | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|--|----|-----|-----|------|-------|-----------------|------------------|
| mittl. Haltdauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 |
| Wichtung | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | Linke Hand: 4,5 | Rechte Hand: 4,5 |

Kategorie D

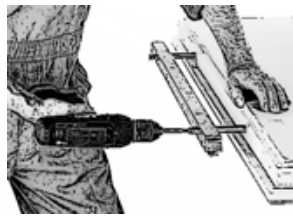
Arbeit mit erhöhtem Kraftaufwand und normalen Sehanforderungen



| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | |
|---|--|
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen |
| hoch | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken |
| | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust |

Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.

| Halten | | Bewegen | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|--|----|-----|-----|------|-------|-------|-----|---------------|----------------|----|
| mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | Wichtung | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | 8 | 13 |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | | | Linke Hand: 8 | Rechte Hand: 8 | |



| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | |
|---|--|
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen |
| hoch | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken |
| | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust |

Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.

| Halten | | Bewegen | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|--|----|-----|-----|------|-------|-------|-----|---------------|----------------|---|
| mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | Wichtung | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | 5 | 8 |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | | | Linke Hand: 5 | Rechte Hand: 5 | |



| Art der Kraftausübung(en) im Finger-Handbereich | |
|---|--|
| Höhe | Beschreibung, typische Beispiele |
| gering | Sehr geringe Kräfte z.B. Tastenbedienung / Verschieben / Ordnen |
| | Geringe Kräfte z.B. Materialführung / Einlegen |
| | Mittlere Kräfte z.B. Greifen / Fügen von kleinen Werkstücken mit der Hand oder kleinen Werkzeugen |
| | Hohe Kräfte z.B. Drehen / Wickeln / Verpacken / Fassen / Halten oder Fügen von Teilen / Eindrücken / Schneiden / Arbeiten mit kleineren angetriebenen Handwerkzeugen |
| | Sehr hohe Kräfte z.B. Kraftbetontes Schneiden / Arbeit mit kleinen Tackern / Bewegungen oder Halten von Teilen oder Werkzeugen |
| hoch | Spitzenkräfte z.B. Schrauben anziehen, lösen / Trennen / Eindrücken |
| | Schlagen mit Daumenballen, Handfläche oder Faust |

Der Arbeitszyklus ist zu beobachten und die Wichtungen für die Kraftkategorien zu markieren. Addiert (linke und rechte Hand getrennt) ergeben diese die Kraftwichtung. Für die Errechnung der Gesamtpunktzahl ist der höhere Wert zu verwenden.

| Halten | | Bewegen | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|--|----|-----|-----|------|-------|-------|-----|----------------|----------------|----|
| mittl. Haltedauer [Sek. pro Minute] | | mittl. Bewegungshäufigkeiten [Anzahl pro Minute] | | | | | | | | | | |
| 60-31 | 30-16 | 15-4 | <4 | <1 | 1-4 | 5-15 | 16-30 | 31-60 | >60 | | Wichtung | |
| 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | | | 13 | 21 |
| 3 | 1,5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,5 | 3 | 5 | | | | |
| 5 | 2 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 8 | | | | |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 2 | 4 | 8 | 13 | | | | |
| 12 | 6 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | |
| 19 | 9 | 4 | 1 | 2 | 4 | 9 | 19 | 33 | | | | |
| - | - | - | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 21 | | | | |
| Wichtungen der Kraftausübung: | | | | | | | | | | Linke Hand: 13 | Rechte Hand: 9 | |

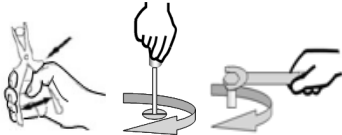



Wichtung der Kraftübertragung / Greifbedingungen

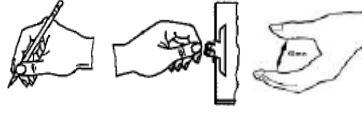

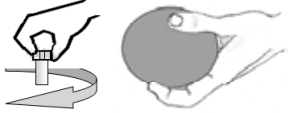
| Kraftübertragung / Greifbedingungen | Wichtung |
|---|----------|
| Optimale Kraftübertragung/-einleitung / Arbeitsgegenstände gut greifbar (z.B. Stabform, Griffmulden) / gute ergonomische Griffgestaltung (Griffe, Tasten, Werkzeuge) | 0 |
| Eingeschränkte Kraftübertragung/-einleitung / erhöhte Haltekräfte erforderlich / keine gestalteten Griffe | 2 |
| Kraftübertragung/-einleitung erheblich behindert / Arbeitsgegenstände kaum greifbar (schmierig, weich, scharfkantig) / keine oder ungeeignete Griffe | 4 |

Mit dem Merkmal „Kraftausübung“ wurde die Höhe der Aktionskraft erfasst, mit dem Merkmal „Kraftübertragung / Greifbedingungen“ werden die Art der Kraftübertragung und zusätzliche Kräfte erfasst. Wichtig sind dabei

- das Verhältnis von Griffart zu erforderlicher Aktionskraft,
- die Art der Krafteinleitung durch Formschluss oder Kraftschluss und
- die Objektoberflächen.

Die folgende Tabelle gibt für einige mögliche Kombinationen die dazugehörigen Wichtungszahlen an.

| Griffart, Krafteinleitung | Griffgestaltung der Werkzeuge, Kontaktstellen, Objekte | Greifoberfläche | | | |
|--|--|------------------|---------------------|--------|-----------|
| | | trocken, griffig | trocken, sehr glatt | feucht | schmierig |
| Umfassungsgriff  | gut ausgeformt ^{*)} , optimale Größe | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | nicht ausgeformt | 1 | 2 | 3 | 3 |
| | zu groß, zu klein | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Kontaktgriff  | gut ausgeformt, optimale Größe | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | nicht ausgeformt | 1 | 2 | 3 | 3 |
| | zu klein | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Handflächegriff  | gut ausgeformt, optimale Größe | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | nicht ausgeformt | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Handzufassungsgriff  | gut ausgeformt, optimale Größe | 0 | 0 | 1 | 2 |
| | nicht ausgeformt | 1 | 2 | 3 | 4 |

| Griffart, Krafteinleitung | Griffgestaltung der Werkzeuge, Kontaktstellen, Objekte | Greifoberfläche | | | |
|---|--|------------------|---------------------|--------|-----------|
| | | trocken, griffig | trocken, sehr glatt | feucht | schmierig |
| Fingerzufassungsgriff  | gut ausgeformt, optimale Größe | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | nicht ausgeformt | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | zu klein | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Kraftübertragung durch Reibschluss  | optimale Größe | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | zu klein | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Zu kleines oder zu großes Objekt  | gut ausgeformt | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | nicht ausgeformt | 2 | 3 | 4 | 4 |

*) Ausgeformte Griffe sind profiliert, der Handform angepasst und/oder haben Griffmulden.





Beispiele:



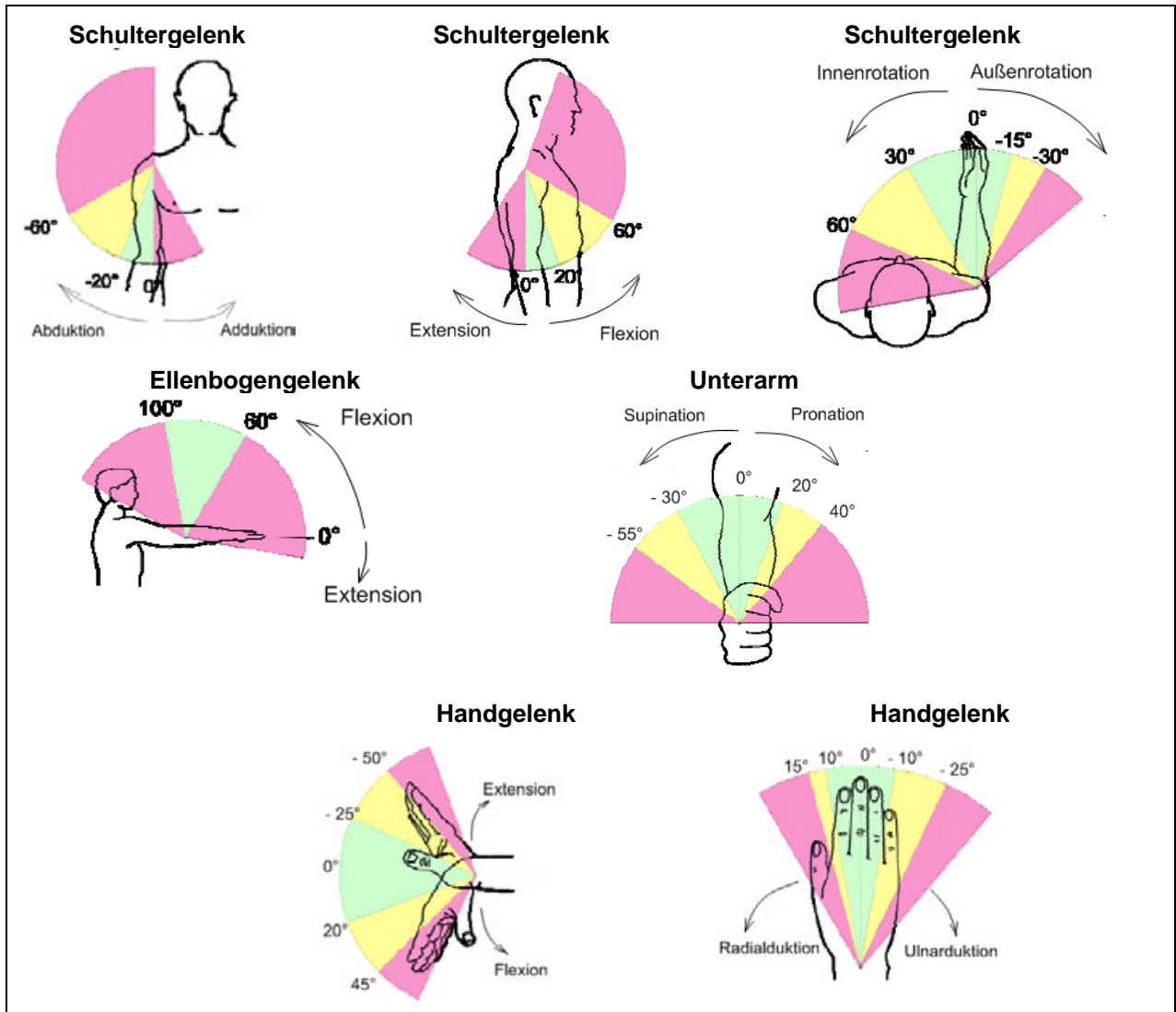
Nicht ausgeformter Griff:



Wichtung der Hand-/Armstellung und -Bewegung

| Hand-/Armstellung und -bewegung *) | | Wichtung |
|--|--|----------|
|  | Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur selten Abweichungen | 0 |
|  | Eingeschränkt: gelegentliche Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 1 |
|  | Ungünstig: Häufige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 2 |
|  | Schlecht: Ständige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung | 3 |
| *) Es sind die typischen Stellungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden. | | |

Mit dem Merkmal „Hand-/Armstellung und -Bewegung“ wird die Belastung der Finger-, Hand-, Ellenbogen und Schultergelenke berücksichtigt. Zu beachten sind dabei die Kombination von Häufigkeit/Dauer und Gelenkstellung. Eine exakte Bestimmung der Gelenkbelastung ist nur mit aufwendigen Bewegungsanalysen möglich. Deshalb liegt das Augenmerk bei der Leitmerkmalermethode auf deutlich erkennbaren Abweichungen von der Mittellage. Diese sind in den folgenden Abbildungen rot dargestellt.



Abbildungen aus „Bewertung des Risikofaktors ungünstige Haltungen und Bewegungen“, Auszug aus dem Report 2/2007 des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.

Im Formblatt können Einzelheiten dokumentiert werden. Aufgrund der Vielzahl der beteiligten Gelenke, die sich unabhängig voneinander bewegen können, ist eine getrennte Wichtung der Gelenke im Hand-Arm-Bereich nicht möglich. Deshalb wird eine überschlägige Gesamteinschätzung vorgenommen.

| Hand-/Armstellung und -bewegung *) | | Wichtung |
|------------------------------------|--|----------|
| | Gut: Stellung oder Bewegungen der Gelenke im mittleren (entspannten) Bereich / nur selten Abweichungen | 0 |
| | Eingeschränkt: gelegentliche Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 1 |
| | Ungünstig: Häufige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche | 2 |
| | Schlecht: Ständige Stellungen oder Bewegungen der Gelenke am Ende der Beweglichkeitsbereiche / lang dauerndes statisches Halten der Arme ohne Hand-Arm-Abstützung | 3 |

*) Es sind die typischen Stellungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

Ausfüllbeispiel

Wichtung der Arbeitsorganisation

| Arbeitsorganisation | Wichtung |
|---|----------|
| Häufig Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / mehrere Arbeitsgänge / ausreichende Erholungsmöglichkeit | 0 |
| Selten Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Arbeitsgänge / Erholzeiten ausreichend | 1 |
| Kein/kaum Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Einzelbewegungen pro Vorgang / hohes Arbeitstempo durch hohe Austaktung und/oder hohe Akkordarbeitsleistung / ungleichmäßiger Arbeitsablauf mit zeitweise hohen Belastungsspitzen / zu wenig oder zu kurze Erholzeiten | 2 |
| In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. | |

Mit dem Merkmal „Arbeitsorganisation“ wird insbesondere die Gefahr übermäßiger muskulärer Ermüdung durch

- einseitige, gleichartige Belastungsmuster,
- hohe Arbeitsgeschwindigkeit und
- unzureichende Pausen

berücksichtigt. Die Folgen im Hand-Arm-Bereich können Kraftverlust, Reizung der Sehnen und Sehnenansätze sein, die bei unzureichender Erholung langfristig zu Beschwerden führen.

Im Schulter-Nacken und Lendenwirbelsäulenbereich können sich durch statische Dauerhaltungen und Bewegungsmangel Muskelverspannungen ergeben. Eine Ermüdung zum Arbeitsende ist unproblematisch, sie sollte jedoch über Nacht zurückgegangen sein. Im Vordergrund steht hierbei die Frage, ob die Belastungen für den Beschäftigten sehr einseitig sind und nur begrenzt Erholungsmöglichkeiten existieren, oder ob Belastungswechsel, z. B. durch andere Tätigkeiten oder durch lange Zykluszeiten mit unterschiedlichen Anforderungen vorkommen und belastete Körperregionen sich wieder erholen können.

Bei der Einstufung sind die in der Tabelle genannten Kriterien in ihrer konkreten Kombination zu wichten.

Einstufungshinweise

- Eine Arbeitsgestaltung, die nach den REFA- und/oder MTM-Verfahren erfolgte, könnte grundsätzlich als 0 gewichtet werden, da hierbei die erforderlichen Erholzeiten berücksichtigt wurden. Allerdings sind ggf. höhere Akkordleistungen zu berücksichtigen, durch die sich eine andere Wichtung ergeben kann.
- Es ist bei verketteten Arbeitsplätzen kaum möglich, alle gleichmäßig auszutakten. Es wird deshalb Arbeitsplätze mit unterschiedlicher Intensität und damit auch einer unterschiedlichen Wichtung geben. Bei einem entsprechenden Belastungswechsel (Rotation) wird eine zusammenfassende Wichtung durch Mittelwertbildung vorgenommen.

Im Formblatt können Einzelheiten dokumentiert werden. Es wird eine zusammenfassende Wichtung vorgenommen.

| Arbeitsorganisation | Wichtung |
|---|---|
| Häufig Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / mehrere Arbeitsgänge / ausreichende Erholungsmöglichkeit | 0 |
| Selten Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Arbeitsgänge / Erholzeiten ausreichend | 1 |
| Kein/kaum Belastungswechsel durch andere Tätigkeiten / wenige Einzelbewegungen pro Vorgang / hohes Arbeitstempo durch hohe Austaktung und/oder hohe Akkordarbeitsleistung / ungleichmäßiger Arbeitsablauf mit zeitweise hohen Belastungsspitzen / zu wenig oder zu kurze Erholzeiten | 2 |
| In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. | |

Ausfüllbeispiel

Wichtung der Ausführungsbedingungen

| Ausführungsbedingungen | Wichtung |
|--|----------|
| Gut: sichere Detailerkennbarkeit/ keine Blendung / gute klimatische Bedingungen | 0 |
| Eingeschränkt: erschwerte Detailerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Konzentrationsstörungen durch Geräusche | 1 |
| In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. Bei sehr ungünstigen Bedingungen kann die Wichtung 2 vergeben werden. | |

Mit dem Merkmal „Ausführungsbedingungen“ werden Störfaktoren bei der Arbeitsausführung berücksichtigt. Der Bezug liegt dabei auf

- eingeschränkten Sehbedingungen,
- Kälte, Zugluft, Nässe und
- störenden Geräuschen.

Eingeschränkte Sehbedingungen können bei kleinen Sehobjekten zu ungünstigen Körperhaltungen führen. Zu geringe Beleuchtung wird durch einen verringerten Sehabstand, Blendung durch andere Kopfposition ausgeglichen. Beides führt zu ungünstigen Kopfhaltungen mit zusätzlicher Belastung der Nackenmuskulatur.

Kälte, Zugluft, Nässe können zur partiellen Auskühlung und damit zur Verringerung der Bewegungskoordination und zusätzlicher Gelenkbelastung führen.





Störende Geräusche (nicht zu verwechseln mit Lärmeinwirkung) können insbesondere bei hohen Konzentrationsanforderungen zu muskulärer Verspannung im Schulter-Nacken-Bereich führen.

Im Formblatt können Einzelheiten dokumentiert werden. Es wird eine zusammenfassende Wichtung vorgenommen.

| Ausführungsbedingungen | Wichtung |
|--|----------|
| Gut: sichere Detailerkennbarkeit/ keine Blendung / gute klimatische Bedingungen | 0 |
| Eingeschränkt: erschwerte Detailerkennbarkeit durch Blendung oder zu kleine Details / Zugluft / Kälte / Nässe / Konzentrationsstörungen durch Geräusche | 1 |
| In der Tabelle nicht genannte Merkmale sind sinngemäß zu berücksichtigen. Bei sehr ungünstigen Bedingungen kann die Wichtung 2 vergeben werden. | |

Ausfüllbeispiel

Wichtung der Körperhaltung

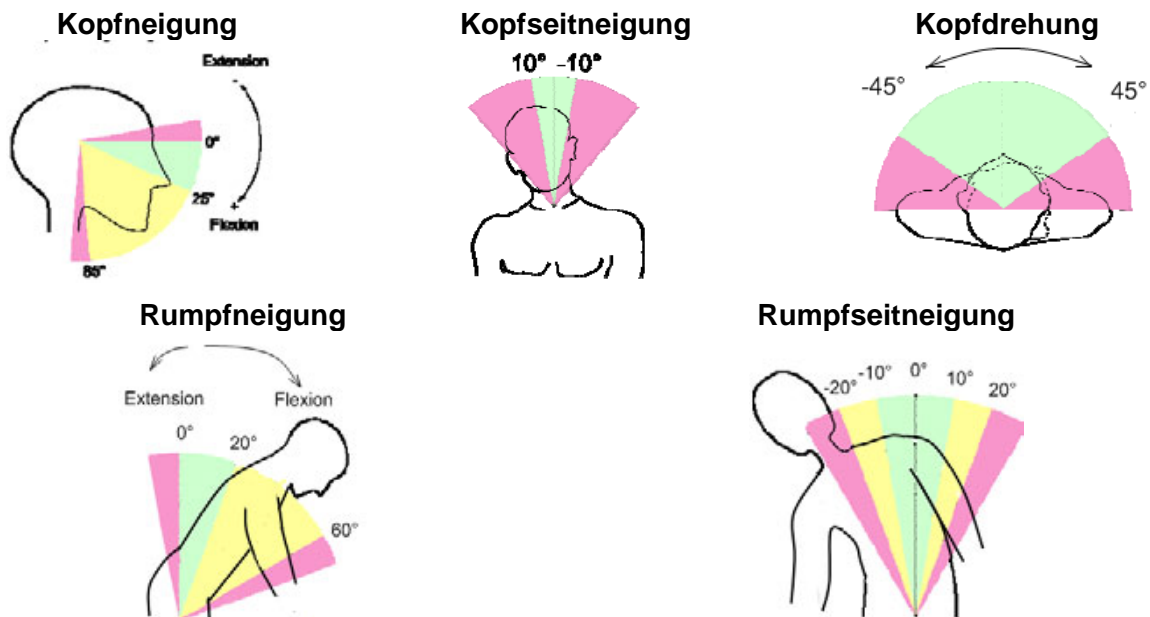
| Körperhaltung ^{**)} | | Wichtung |
|---|--|----------|
|  | Gut: Wechsel von Sitzen und Stehen möglich / Wechsel von Stehen und Gehen / dynamisches Sitzen ist möglich / Hand-Arm-Auflage bei Bedarf möglich / keine Verdrehung / Kopfhaltung variabel / kein Greifen über Schulterhöhe | 0 |
|  | Eingeschränkt: Rumpf mit leichter Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / überwiegend Sitzen mit gelegentlichem Stehen oder Gehen / gelegentliches Greifen über Schulterhöhe | 1 |
|  | Ungünstig: Rumpf deutlich vorgeneigt und/oder verdreht / Kopfhaltung zur Detailerkennung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Stehen ohne Gehen / häufiges Greifen über Schulterhöhe / häufiges körperfernes Greifen | 3 |
|  | Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfneigung oder -verdrehung / häufiges Bücken / ständiges Greifen über Schulterhöhe / ständiges körperfernes Greifen | 5 |

^{*)} Es sind die typischen Körperhaltungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

Mit dem Merkmal „Körperhaltung“ wird die Belastung des Nackens, Rückens und der Beine berücksichtigt. Der Bezug liegt dabei auf





- eingeschränkten Bewegungsmöglichkeiten,
- statischer Haltungsarbeit der Rumpf- und Schulter-Nacken-Muskulatur,
- ungünstigen Gelenkstellungen und
- lang anhaltendem Stehen.

Eine exakte Bestimmung der Körperhaltung ist nur mit aufwendigen Bewegungsanalysen möglich. Deshalb liegt das Augenmerk bei der Leitmerkmalmethode auf deutlich erkennbaren Abweichungen von der Mittellage. Diese sind in den folgenden Abbildungen rot dargestellt.



Abbildungen aus „Bewertung des Risikofaktors ungünstige Haltungen und Bewegungen“, Auszug aus dem Report 2/2007 des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.

Im Formblatt können Einzelheiten dokumentiert werden. Aufgrund der Vielzahl der beteiligten Gelenke, die sich unabhängig voneinander bewegen können, ist eine getrennte Wichtung der Gelenke nicht möglich. Deshalb wird eine überschlägige Gesamteinschätzung vorgenommen.

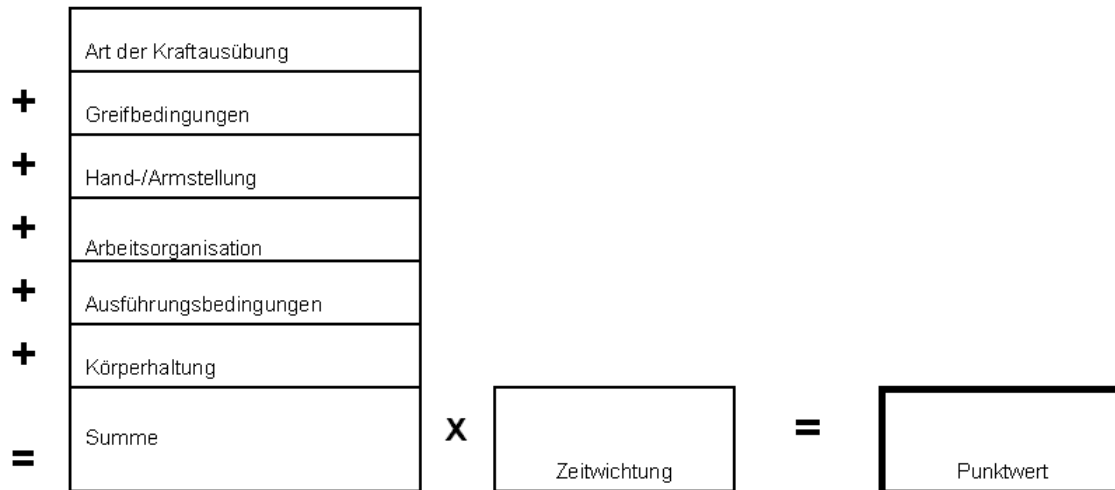
| Körperhaltung ^{**)} | | Wichtung |
|---|--|---------------|
|  | Gut: Wechsel von Sitzen und Stehen möglich / Wechsel von Stehen und Gehen / dynamisches Sitzen ist möglich / Hand-Arm-Auflage bei Bedarf möglich / keine Verdrehung / Kopfhaltung variabel / kein Greifen über Schulterhöhe | 0 |
|  | Eingeschränkt: Rumpf mit leichter Neigung des Körpers zum Handlungsbereich / <u>überwiegend Sitzen mit gelegentlichem Stehen oder Gehen</u> / gelegentliches Greifen über Schulterhöhe | 1 2 |
|  | Ungünstig: <u>Rumpf deutlich vorgeneigt</u> und/oder verdreht / Kopfhaltung zur Detailerkennung vorgegeben / eingeschränkte Bewegungsfreiheit / ausschließlich Stehen ohne Gehen / häufiges Greifen über Schulterhöhe / häufiges körperfernes Greifen | 3 |
|  | Schlecht: Rumpf stärker verdreht und vorgeneigt / streng fixierte Körperhaltung / visuelle Kontrolle der Handlung über Lupen oder Mikroskope / starke Kopfnäigung oder -verdrehung / häufiges Bücken / ständiges Greifen über Schulterhöhe / ständiges körperfernes Greifen | 5 |

^{*)} Es sind die typischen Körperhaltungen zu berücksichtigen. Seltene Abweichungen können vernachlässigt werden.

Ausfüllbeispiel

Bewertung

Die Bewertung erfolgt anhand eines **tätigkeitsbezogenen Punktwertes**. Dieser errechnet sich durch Addition der Wichtungen der Leitmerkmale und Multiplikation mit der Zeitwichtung.

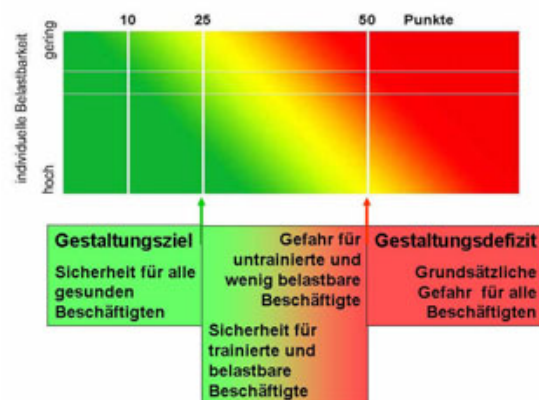


| Risikobereich (***) | | Punktwert | Beschreibung |
|---------------------|--|------------|--|
| 1 | | <10 | Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich. |
| 2 | | 10 bis <25 | Mittlere Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert 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 zu prüfen. |
| 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.

Mit der LMM MA wird die Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung bewertet.

Dabei wird davon ausgegangen, dass die Einhaltung der 25 Punkte-Grenze die Tätigkeit von allen Beschäftigten ohne die Gefahr einer physischen Überbeanspruchung ausgeführt werden kann. Für trainierte und physisch höher belastbare Beschäftigte ist die Überschreitung der 25 Punkte-Grenze akzeptabel. Oberhalb von 50 Punkten besteht jedoch für alle Beschäftigten die Gefahr einer physischen Überbeanspruchung, bei der mit gesundheitlichen Folgen zu rechnen ist. Die Grenzen von 25 und 50 Punkten sind als Orientierung zu verstehen.



Besonders zu berücksichtigen ist in diesem Punktebereich die individuelle Belastbarkeit. Sie hängt ab vom Geschlecht, Alter und Berufserfahrung. Eine differenzierte Vorhersage zur individuellen Belastbarkeit ist nicht möglich. Grundsätzlich kann aber davon ausgegangen werden, dass mit zunehmendem Alter die Körperkräfte geringer werden, Frauen etwa die Hälfte der Handkräfte von Männern haben und berufserfahrene Personen besser mit den Anforderungen umgehen. Allerdings sind die erheblichen Spannweiten der Leistungsunterschiede zu bedenken. Es gibt Frauen, die höhere Handkräfte haben als Männer, es gibt Ältere, die leistungsfähiger sind als Junge und es gibt mitunter auch berufserfahrene Personen, die ungeschickt arbeiten.

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 die Wahrscheinlichkeit einer physischen Überbeanspruchung zunimmt. Hohe Punktwerte sind ein Hinweis auf eine kritische Situation, die die Möglichkeit von Beschwerden erhöhen. Eine differenzierte Betrachtung der Einzelwichtungen ermöglicht die Identifikation von belasteten Körperregionen. So ist ein z. B. eine hohe Wichtung bei der Kraftausübung durch häufiges kraftbetontes Schneiden einen Hinweis auf die erhöhte Belastung der Unterarmmuskulatur und -sehnen sowie der Nerven im Handgelenksbereich. 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, insbesondere dem Nackenbereich.

Ableitbare Gestaltungsnotwendigkeiten

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






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

Ansprechpartner
www.baua.de/leitmerkmalmethoden
info@institut-aser.de
steinberg.ulf@baua.bund.de
a.klussmann@institut-aser.de







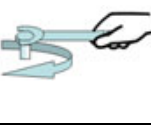
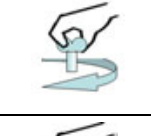


Anhang 7

**Ergebnisse der ergänzenden Handkraftmessungen
im Laborversuch**





Anh. 7, Tab. 1 Serie 1: Messergebnisse Mittelwerte der maximalen Drehmomente [Nm] mit Hakenschlüssel (Innensechskant) und Kurbel

| Lfd. Nr. | Werkzeug | Anwendung | Hand | Versuchspersonen | | | | |
|----------|---|---|------|------------------|------|-----|-----|-----|
| | | | | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Hakenschlüssel klein Schlüsselweite 5 mm |  | re | 9,7 | 8,4 | 2,8 | 4,2 | 7,0 |
| 2 | | | li | 8,7 | 7,8 | 1,7 | 2,4 | 4,2 |
| 3 | |  | re | 2,8 | 3,6 | 1,3 | 0,9 | 2,3 |
| 4 | | | li | 3,1 | 3,3 | 0,5 | 0,8 | 1,9 |
| 5 | Hakenschlüssel groß Schlüsselweite 8 mm |  | re | 13,0 | 12,4 | 3,8 | 4,7 | 7,8 |
| 6 | | | li | 9,8 | 12,3 | 2,4 | 2,6 | 6,0 |
| 7 | |  | re | 2,3 | 4,3 | 1,8 | 0,8 | 2,8 |
| 8 | | | li | 3,0 | 4,3 | 1,5 | 0,7 | 2,7 |
| 9 | Kurbel Schlüsselweite 5 mm Kurbelarmlänge 60 mm |  | re | 4,2 | 2,6 | 1,4 | 0,7 | 3,0 |
| 10 | | | li | 3,3 | 2,7 | 1,3 | 1,1 | 3,5 |



Anh. 7, Tab. 2 Serie 2: Messergebnisse Mittelwerte der maximalen Drehmomente [Nm] mit Schraubendreher, Maulschlüssel und Flügelmutter

| Lfd. Nr. | Werkzeug | Anwendung | Hand | Versuchspersonen | | | | |
|----------|--|---|------|------------------|------|-----|-----|-----|
| | | | | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| 11 | Schraubendreher, Griff Ø 25 mm Klingenbreite 4 mm |  | re | 1,4 | 0,8 | 0,1 | 0,4 | 0,7 |
| 12 | | | li | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| 13 | Schraubendreher, Griff Ø 25 mm Klin- genbreite 4 mm |  | re | 1,7 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| 14 | | | li | 1,6 | 0,8 | 0,4 | 0,4 | 1,0 |
| 15 | Schraubendreher, Griff Ø 35 mm Klin- genbreite 8 mm |  | re | 2,8 | 2,0 | 0,5 | 1,4 | 1,8 |
| 16 | | | li | 1,9 | 1,5 | 0,4 | 0,6 | 1,6 |
| 17 | Schraubendreher, Griff Ø 35 mm Klin- genbreite 8 mm |  | re | 3,3 | 2,8 | 1,1 | 1,1 | 2,3 |
| 18 | | | li | 3,1 | 2,9 | 0,9 | 0,8 | 1,4 |
| 19 | Schraubendreher, Griff Ø 35 mm In- nensechskant 6 mm |  | re | 3,0 | 4,1 | 0,6 | 1,3 | 2,1 |
| 20 | | | li | 3,1 | 4,0 | 0,6 | 0,7 | 2,0 |
| 21 | Schraubendreher, Griff Ø 35 mm In- nensechskant 6 mm |  | re | 4,8 | 3,7 | 1,3 | 1,9 | 2,7 |
| 22 | | | li | 5,3 | 4,7 | 1,2 | 1,0 | 2,3 |
| 23 | Maulschlüssel 10/13 |  | re | 9,9 | 8,9 | 1,5 | 3,1 | 3,9 |
| 24 | | | li | 10,9 | 11,3 | 2,7 | 4,6 | 4,9 |
| 25 | Maulschlüssel 8/10 |  | re | 9,0 | 8,3 | 1,7 | 4,4 | 4,5 |
| 26 | | | li | 9,8 | 11,4 | 1,3 | 3,4 | 4,5 |
| 27 | Flügelschraube M8 Breite der Flügel 50 mm |  | re | 5,8 | 6,1 | 2,1 | 2,8 | 3,2 |
| 28 | | | li | 4,8 | 5,0 | 2,2 | 1,4 | 2,9 |
| 29 | Sechskant- Schraubenkopf SW 13 M8 |  | re | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| 30 | | | li | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |

Anh. 7, Tab. 3 Serie 3: Messergebnisse Mittelwerte der maximalen Fingerzug- und Fingerschließkräfte [N]

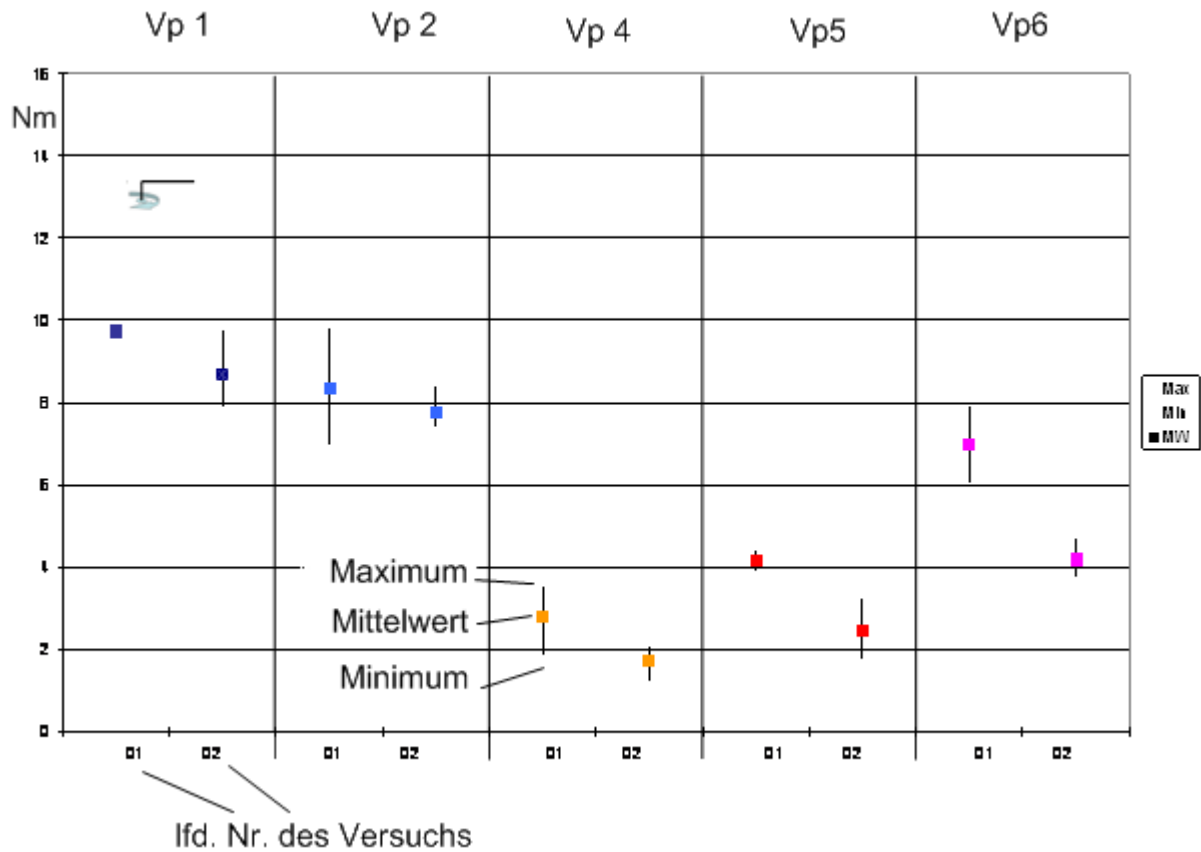
| Lfd. Nr. | Krafteinleitung | | Hand | Versuchspersonen | | | | |
|----------|--|---|------|------------------|-------|------|------|------|
| | | | | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| 31 | Ziehen an Seilschleife 4 mm formschlüssig, Zeigefinger |  | re | 105,0 | 123,3 | 45,0 | 42,7 | 61,0 |
| 32 | | | li | 113,3 | 143,3 | 46,7 | 41,7 | 57,7 |
| 33 | Ziehen an Metallblock 20/20 mm kraftschlüssig, Pinchgriff |  | re | 60,3 | 56,7 | 24,0 | 23,7 | 33,3 |
| 34 | | | li | 53,3 | 50,0 | 25,0 | 34,3 | 36,0 |
| 35 | Ziehen an Metallblock 20/20 mm kraftschlüssig, Umfassungsgriff |  | re | 118,3 | 116,7 | 37,0 | 51,7 | 56,7 |
| 36 | | | li | 100,0 | 86,7 | 40,7 | 38,7 | 55,7 |
| 37 | Schließkraft Daumen-Zeigefinger Abstand 10 mm |  | re | 73,3 | 106,7 | 60,0 | 63,3 | 58,3 |
| 38 | | | li | 80,0 | 100,0 | 43,3 | 48,3 | 53,3 |
| 39 | Schließkraft Daumen-Zeigefinger Abstand 35 mm | | re | 113,3 | 111,7 | 46,7 | 70,7 | 95,0 |
| 40 | | | li | 88,3 | 113,3 | 42,3 | 31,7 | 81,0 |
| 41 | Schließkraft Daumen-Zeigefinger Abstand 70 mm | | re | 146,7 | 150,0 | 35,7 | 46,7 | 86,7 |
| 42 | | | li | 111,7 | 166,7 | 45,7 | 48,3 | 91,7 |

Anh. 7, Tab. 4 Ergänzende Messungen

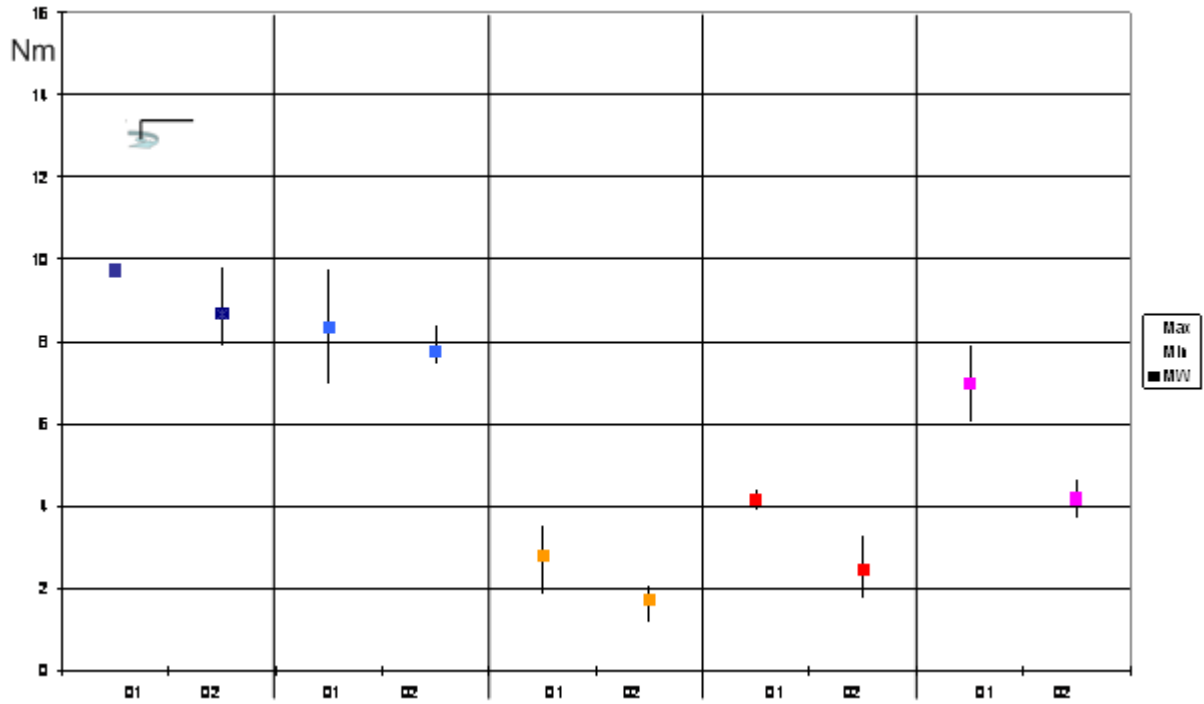
| Lfd. Nr. | Krafteinleitung | | Hand | Vp |
|----------|--|--|------|---------|
| | | | | 1 |
| 43 | Bohrmaschine (Drehmomentbegrenzung auf 16 Nm) |  | re | 15,7 Nm |
| 44 | Ziehen an Rundholz 35 mm unbehandelt kraftschlüssig, Umfassungsgriff |  | re | 275 N |

Mittelwerte und Streuung der Einzelmessungen

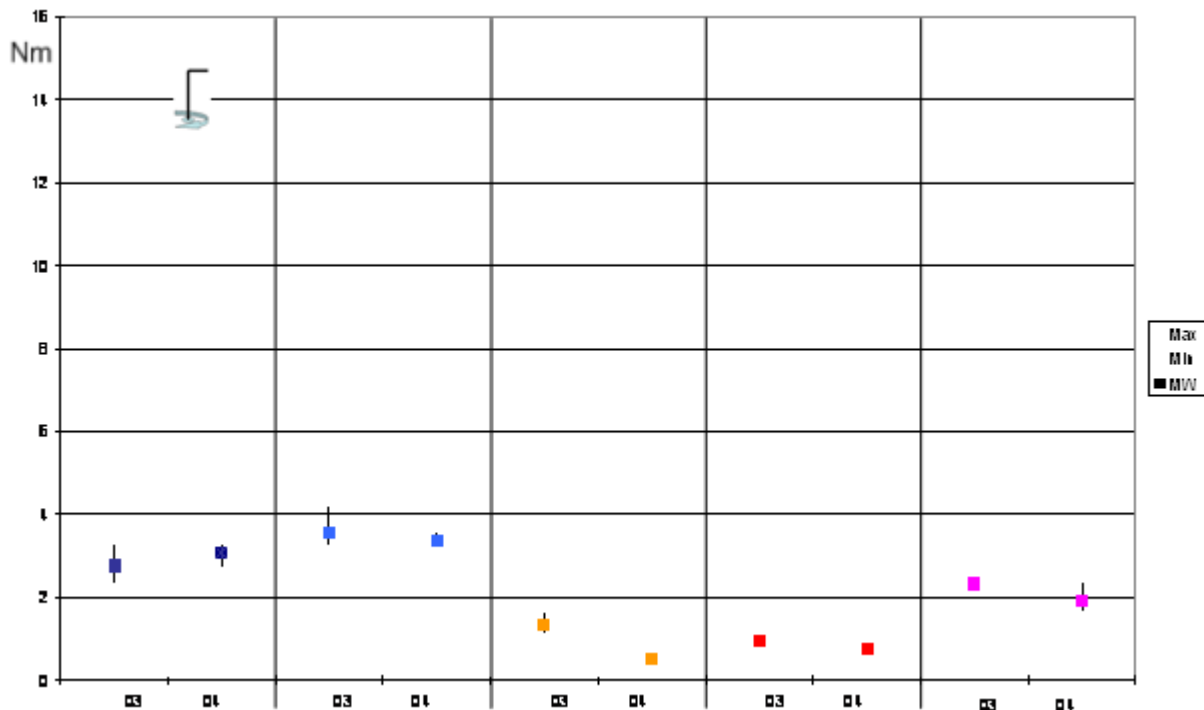
Die folgenden Abbildungen 2 bis 22 zeigen die Mittelwerte und Streuungen aus den Tabellen 5.1-5.3 (Abschn. 5).



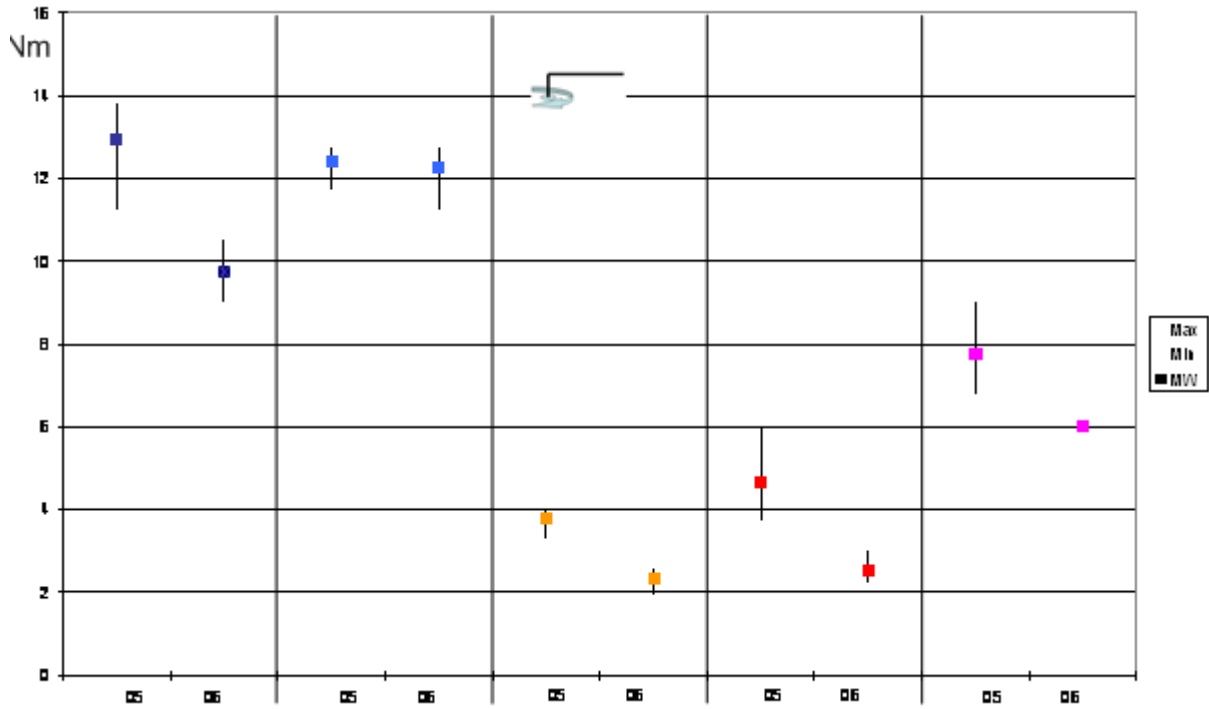
Anh. 7, Abb. 1 Erläuterung zu den folgenden Abbildungen:
 Vp 1 ... Vp 6: Versuchsperson
 Nm: Drehmoment
 N: Aktionskraft
 01 ... 42: Versuchsreihe



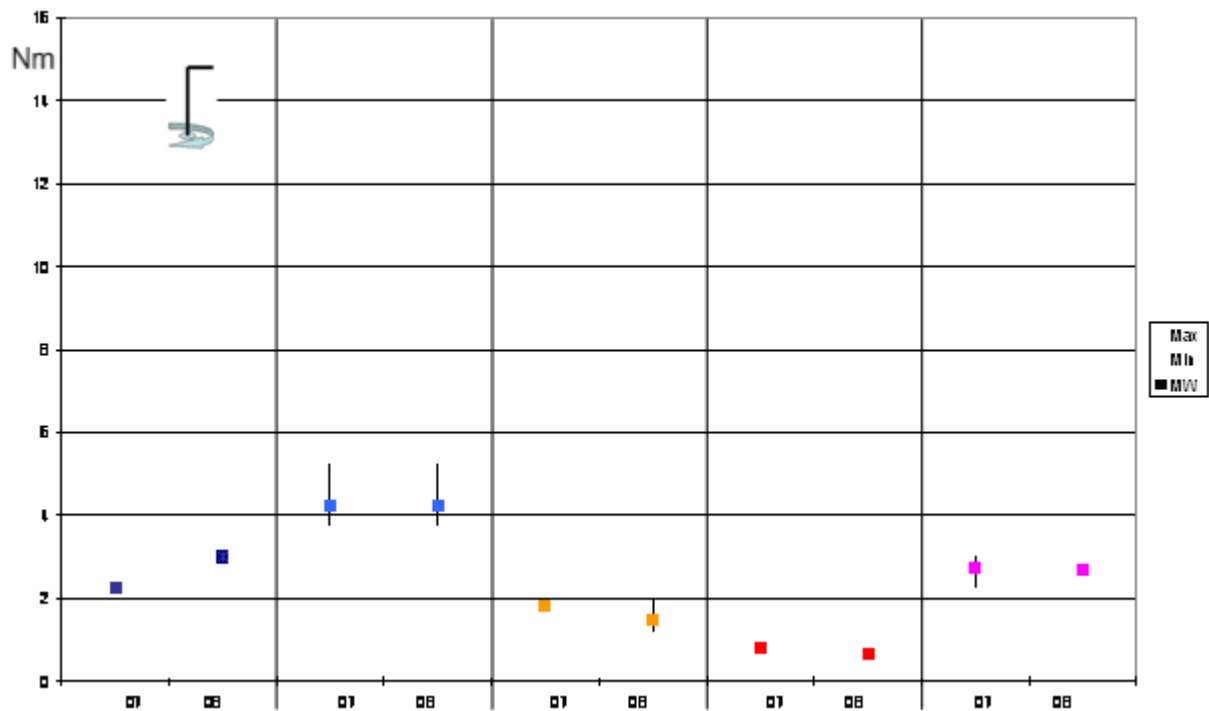
Anh. 7, Abb. 2 Drehen eines Hakenschlüssels klein, Schlüsselweite 5 mm, langer Hebelarm



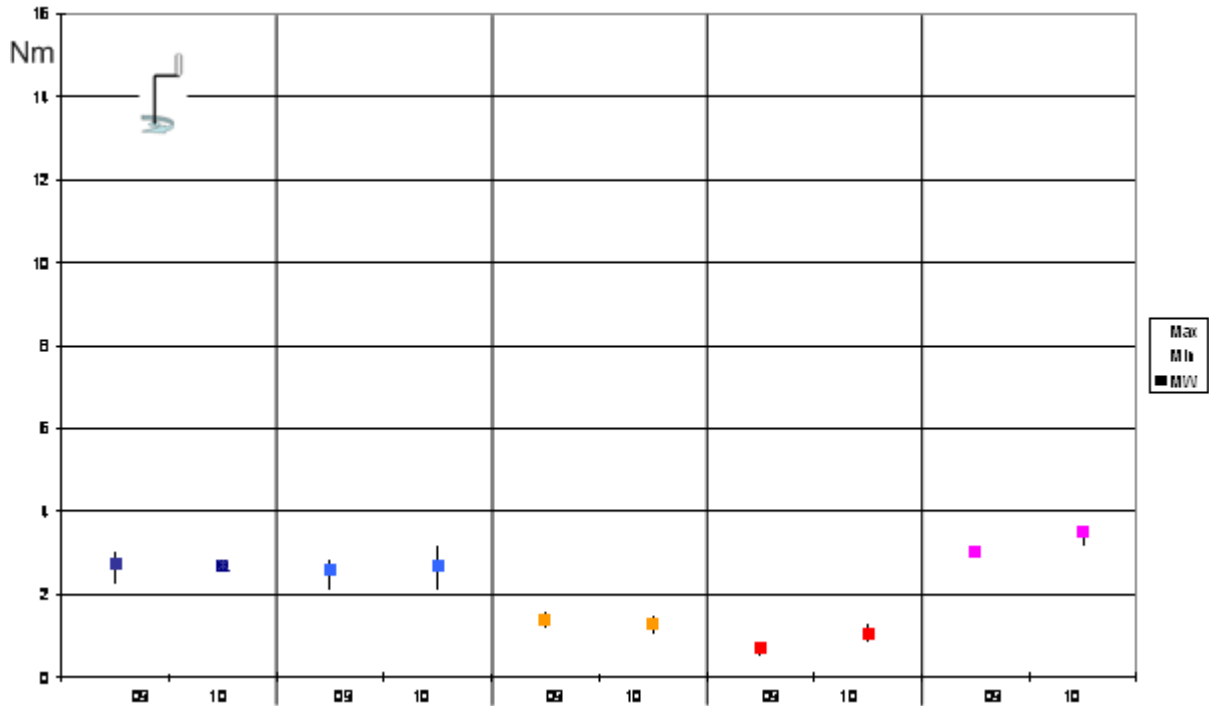
Anh. 7, Abb. 3 Drehen eines Hakenschlüssels klein, Schlüsselweite 5 mm, kurzer Hebelarm



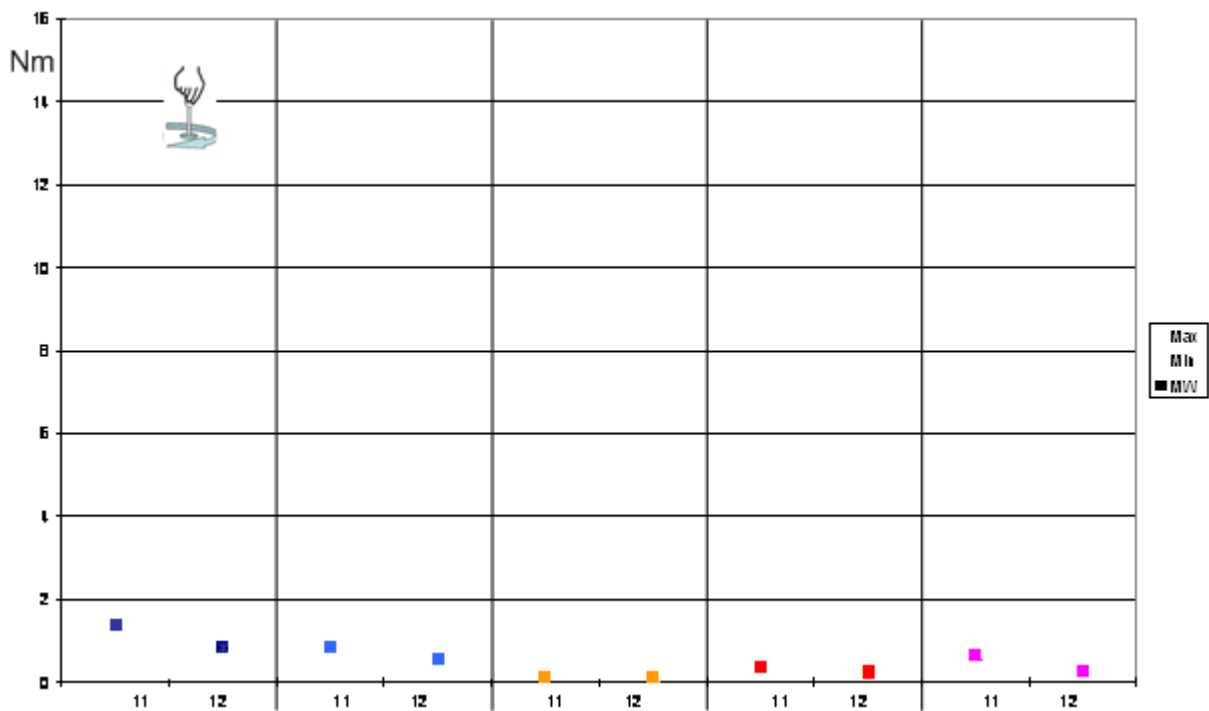
Anh. 7, Abb. 4 Drehen eines Hakenschlüssels klein, Schlüsselweite 8 mm, langer Hebelarm



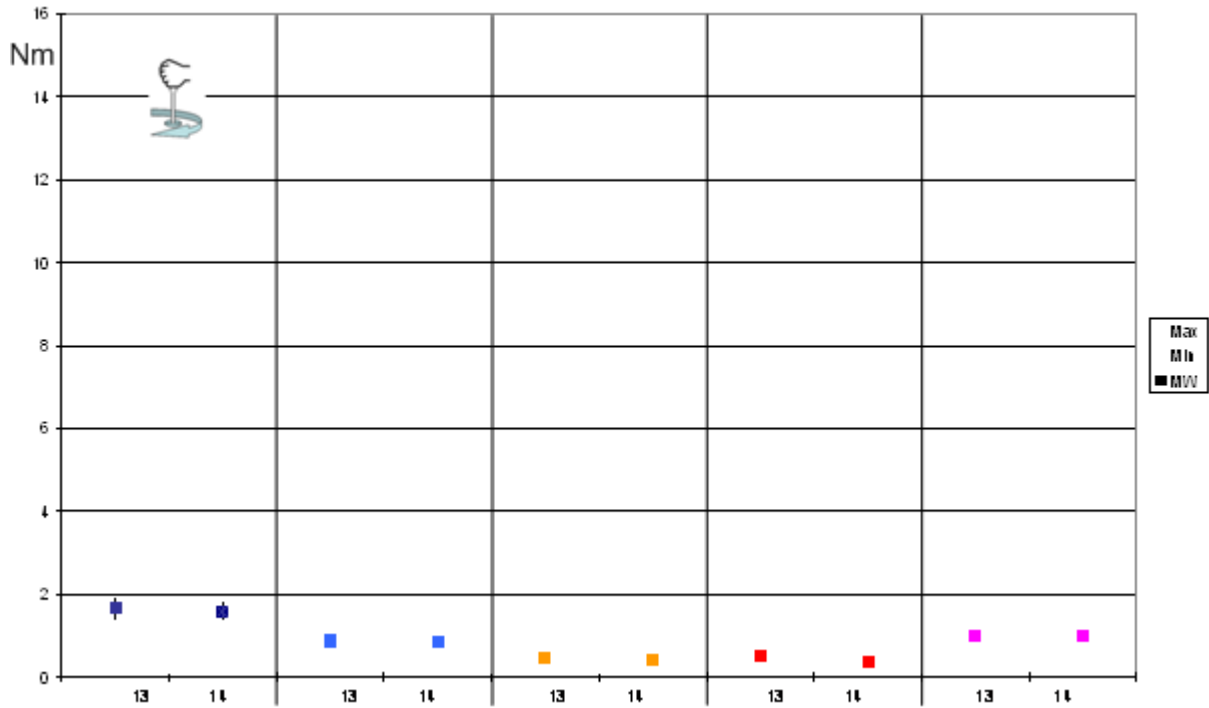
Anh. 7, Abb. 5 Drehen eines Hakenschlüssels klein, Schlüsselweite 8 mm, kurzer Hebelarm



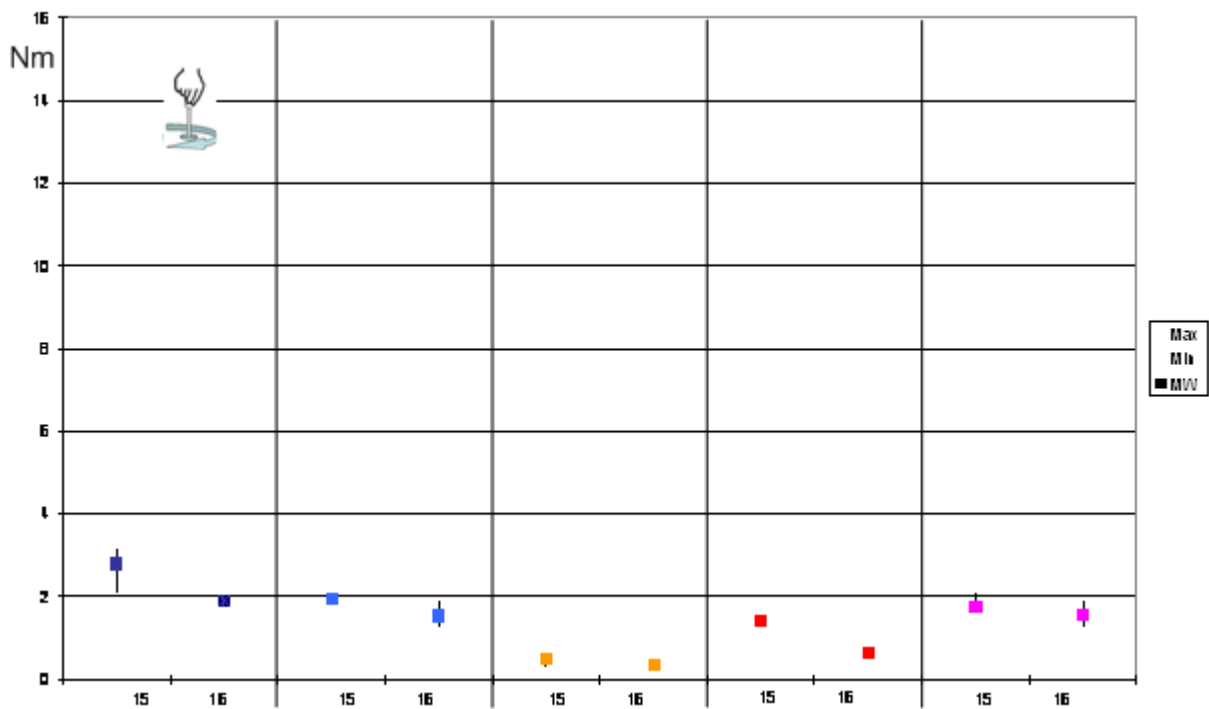
Anh. 7, Abb. 6 Drehen einer Kurbel, Schlüsselweite 5 mm, Kurbelarmlänge 60 mm



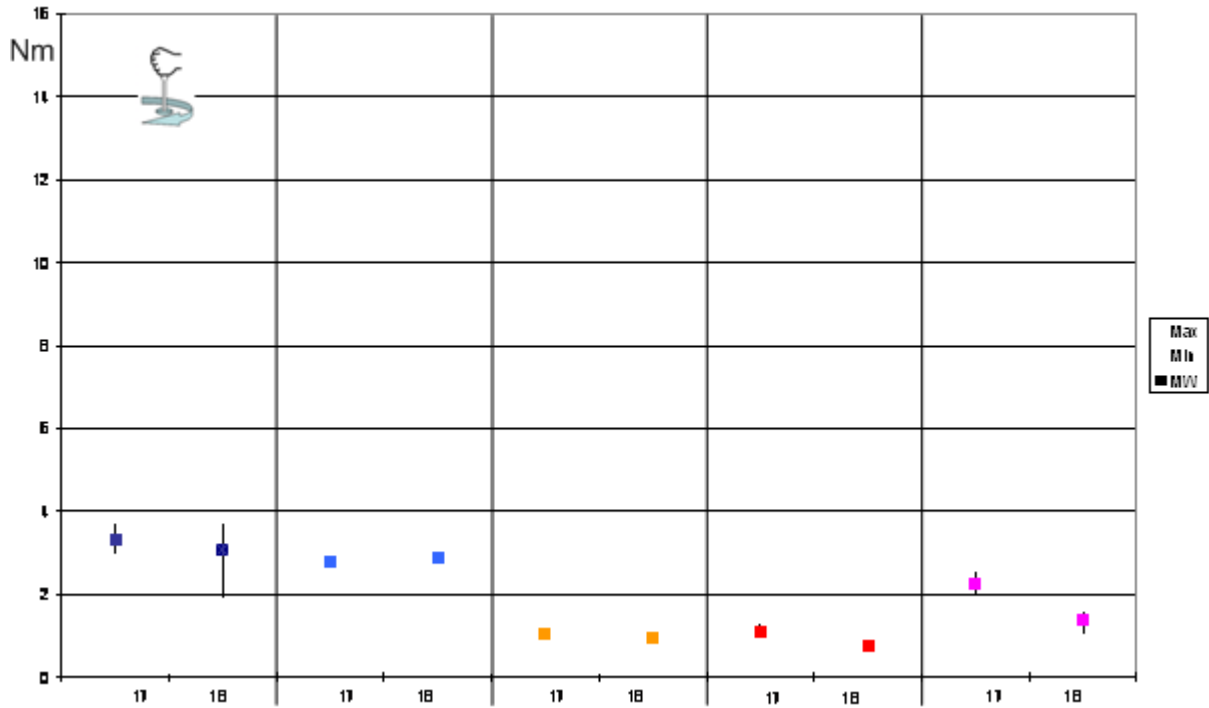
Anh. 7, Abb. 7 Drehen eines Schraubendrehers, Zufassunggriff, Griff \varnothing 25 mm, Klingebreite 4 mm



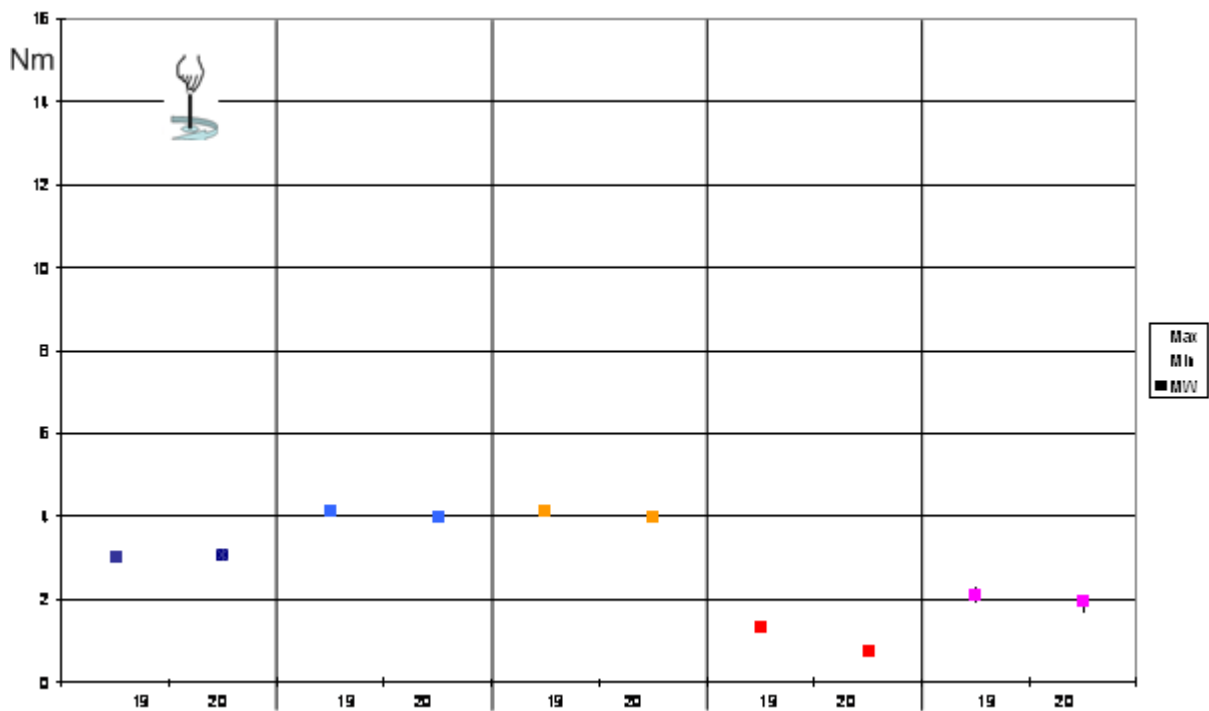
Anh. 7, Abb. 8 Drehen eines Schraubendrehers, Umfassungsgriff, Griff Ø 25 mm, Klingenbreite 4 mm



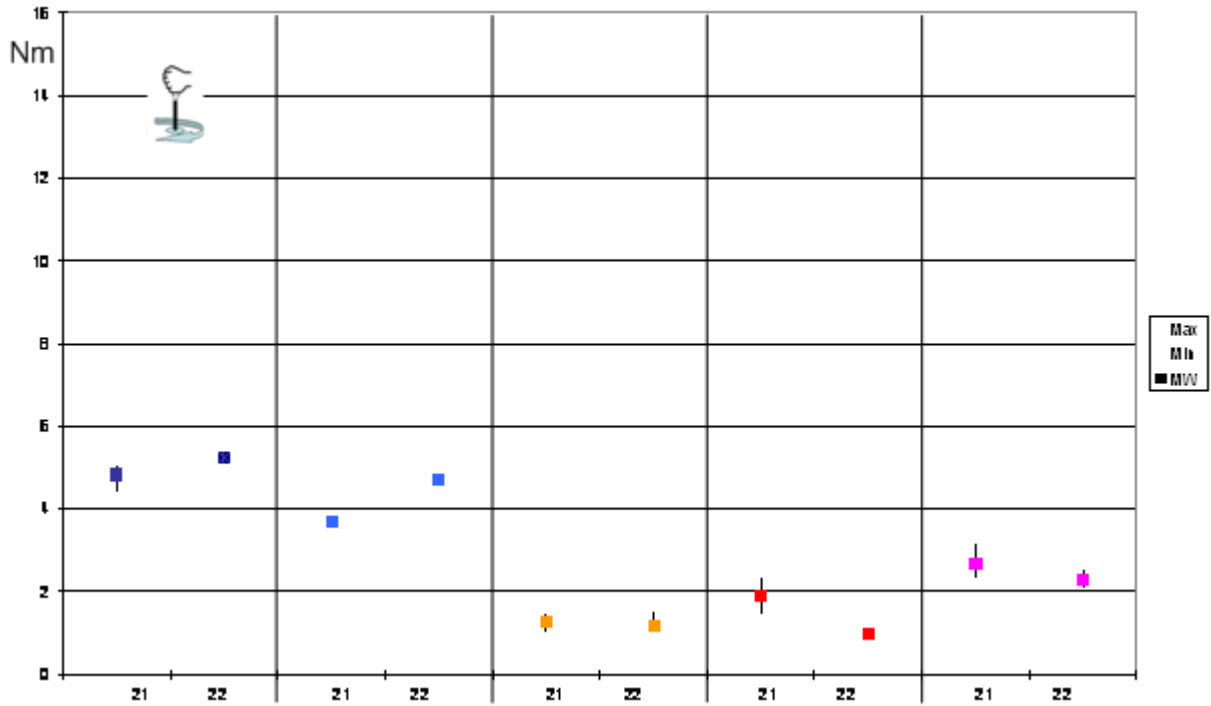
Anh. 7, Abb. 9 Drehen eines Schraubendrehers, Zufassungsgriff, Griff Ø 35 mm, Klingenbreite 8 mm



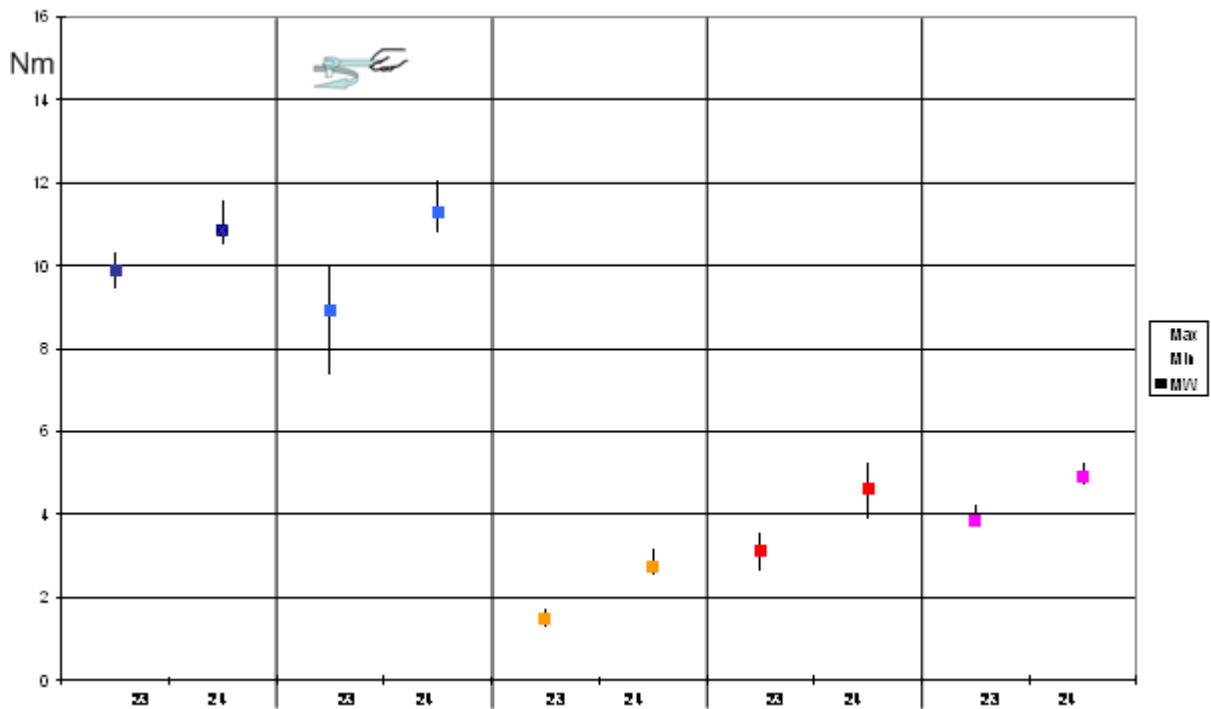
Anh. 7, Abb. 10 Drehen eines Schraubendrehers, Zufassunggriff, Griff \varnothing 35 mm, Klingenbreite 8 mm



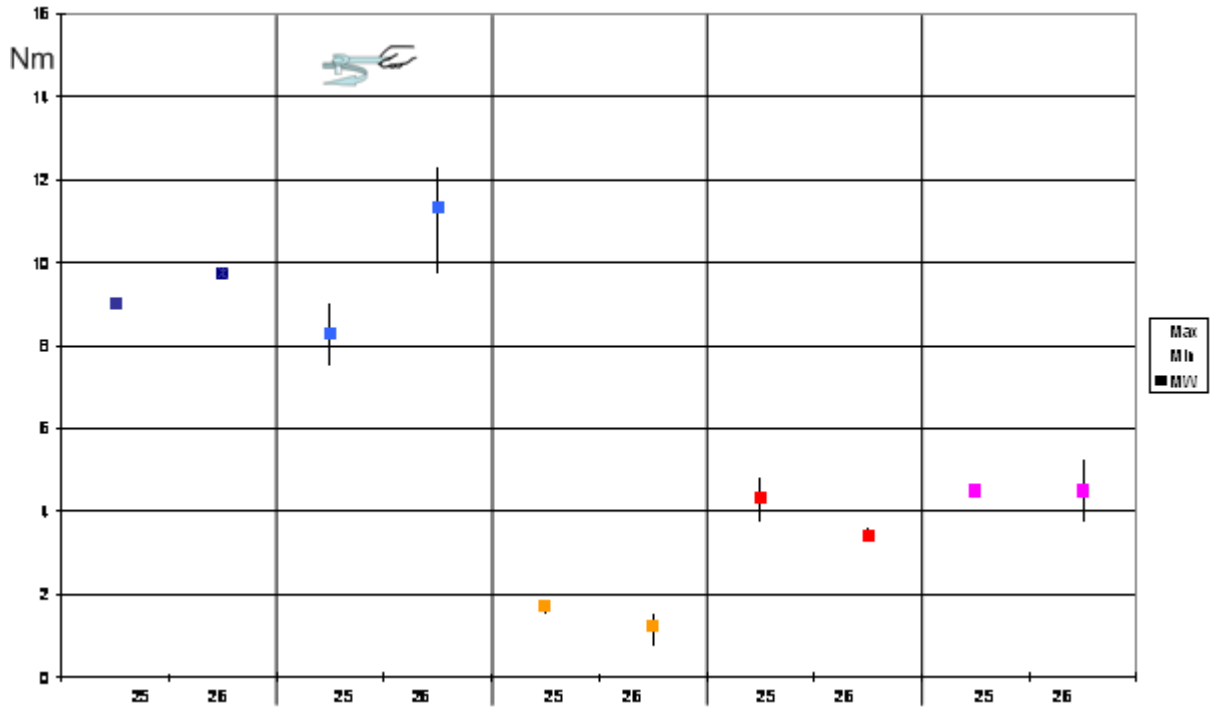
Anh. 7, Abb. 11 Drehen eines Schraubendrehers, Zufassunggriff, Griff \varnothing 35 mm, Innensechskant 6 mm



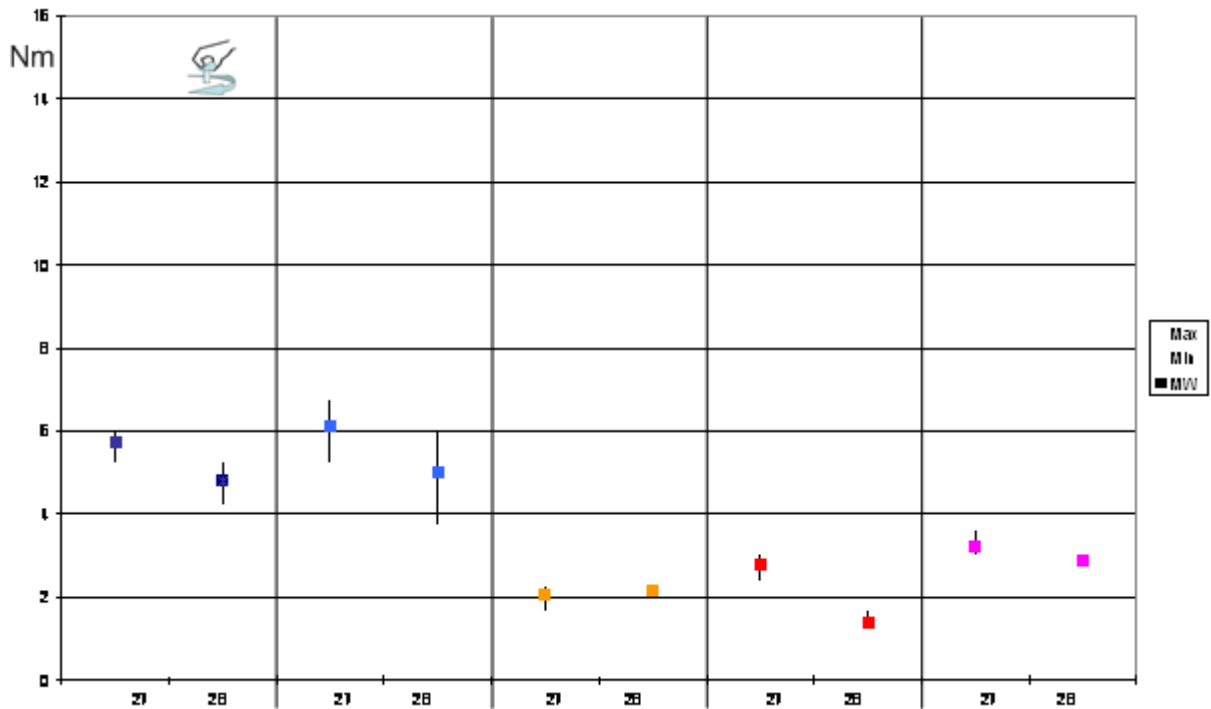
Anh. 7, Abb. 12 Drehen eines Schraubendrehers, Umfassungsriff, Griff \varnothing 35 mm, Innensechskant 6 mm



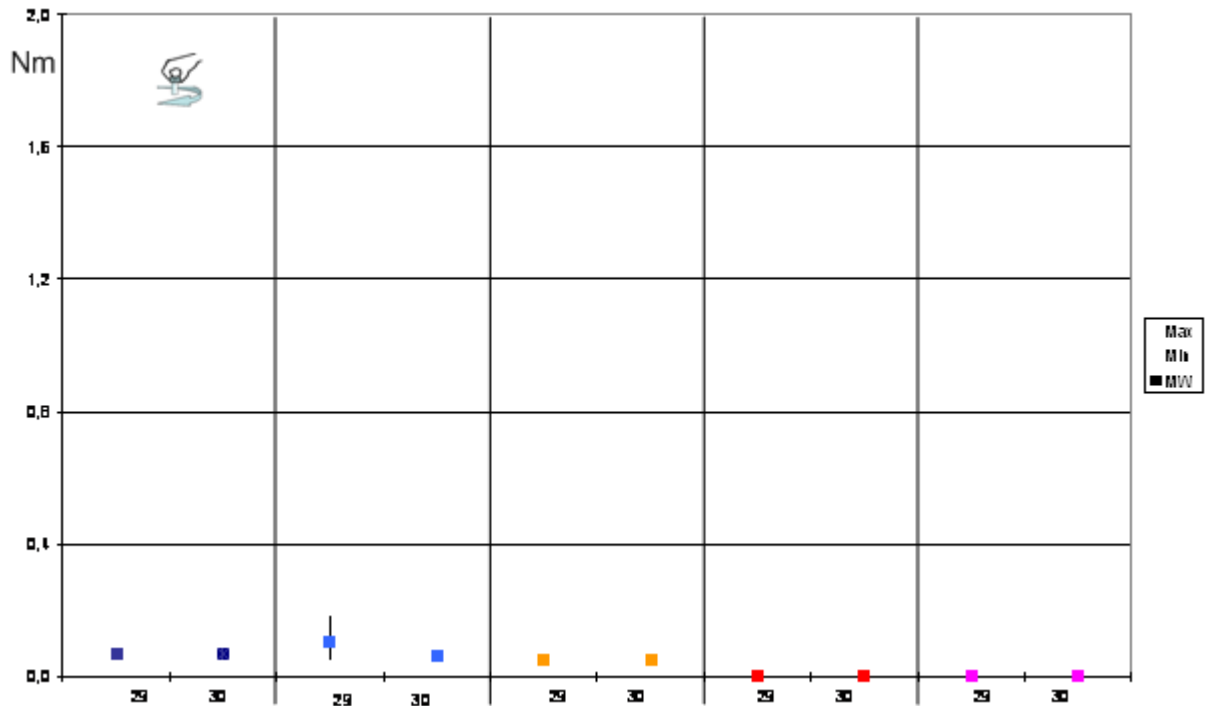
Anh. 7, Abb. 13 Drehen eines Maulschlüssels, Schlüsselweite 10/13 mm



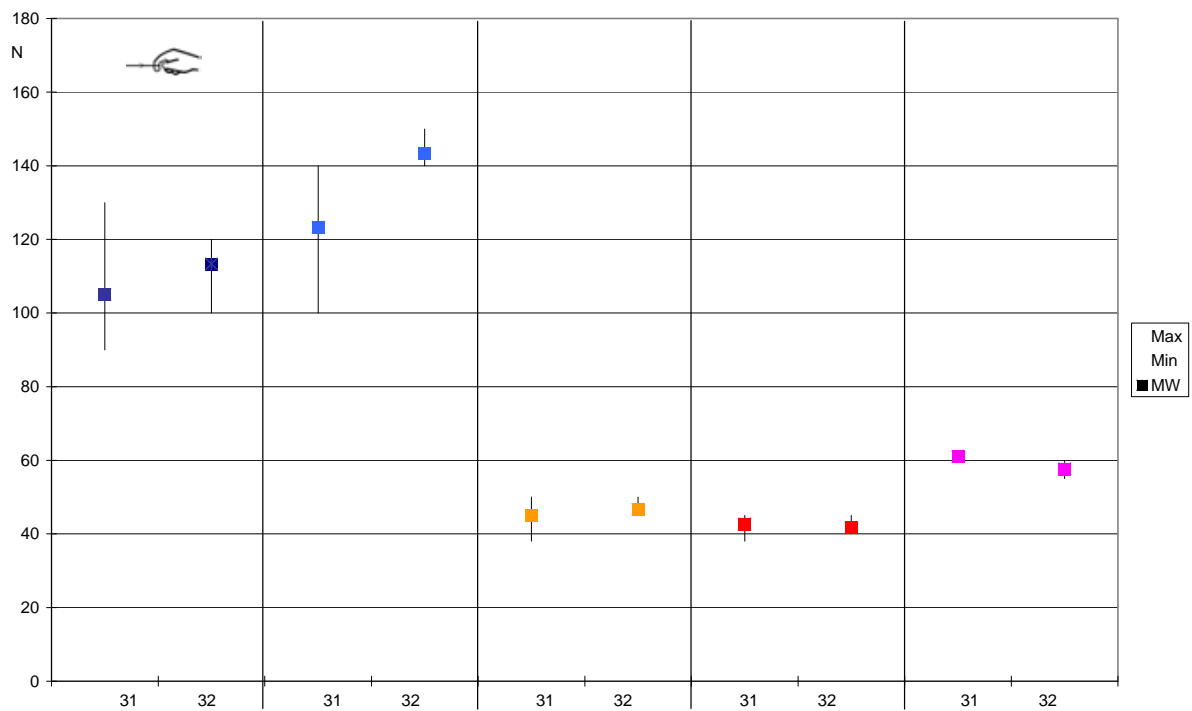
Anh. 7, Abb. 14 Drehen eines Maulschlüssels, Schlüsselweite 8/10 mm



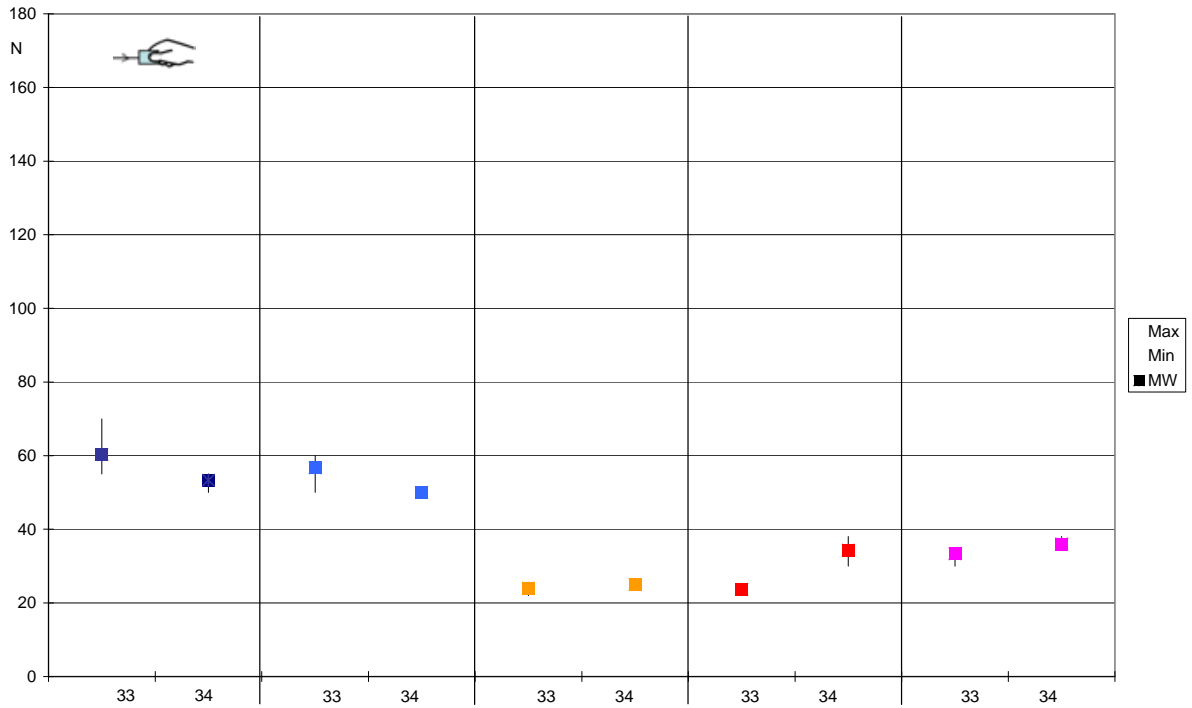
Anh. 7, Abb. 15 Drehen einer Flügelschraube M8, Breite der Flügel 50 mm



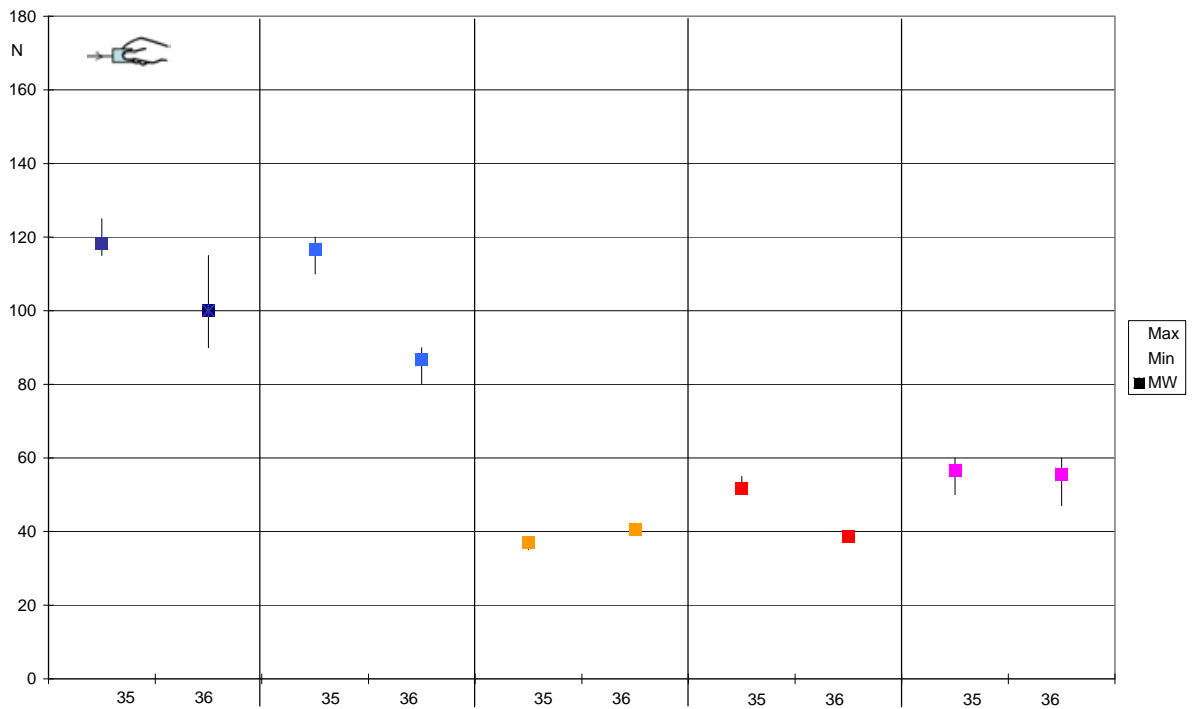
Anh. 7, Abb. 16 Drehen eines Sechskant-Schraubenkopfes, SW 13 M8



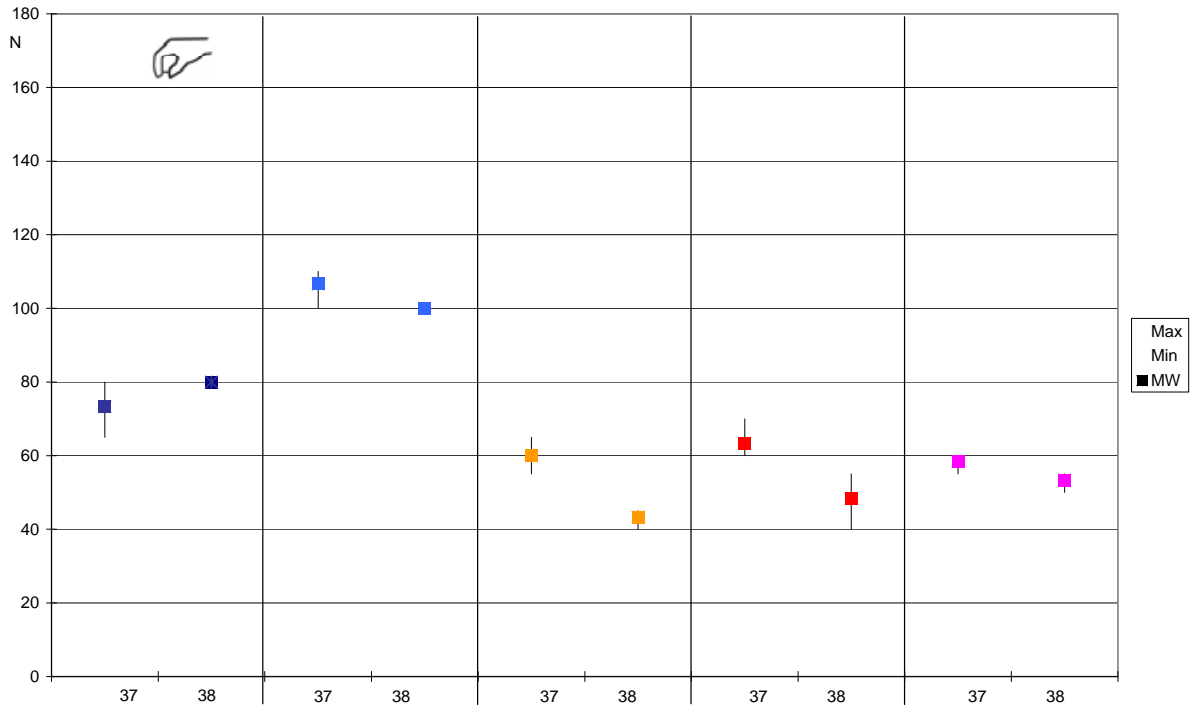
Anh. 7, Abb. 17 Ziehen an einer Seilschleufe 4 mm, formschlüssig, Zeigefinger



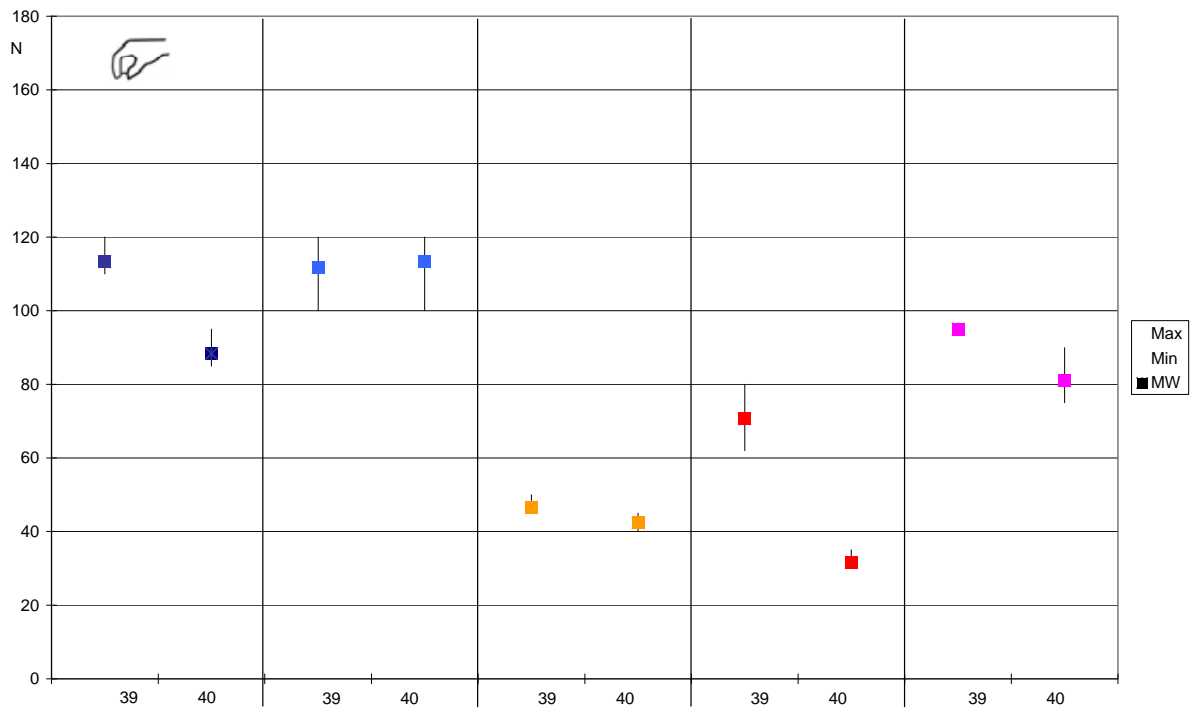
Anh. 7, Abb. 18 Ziehen an einem Metallblock 20/20 mm, kraftschlüssig, Pinchgriff



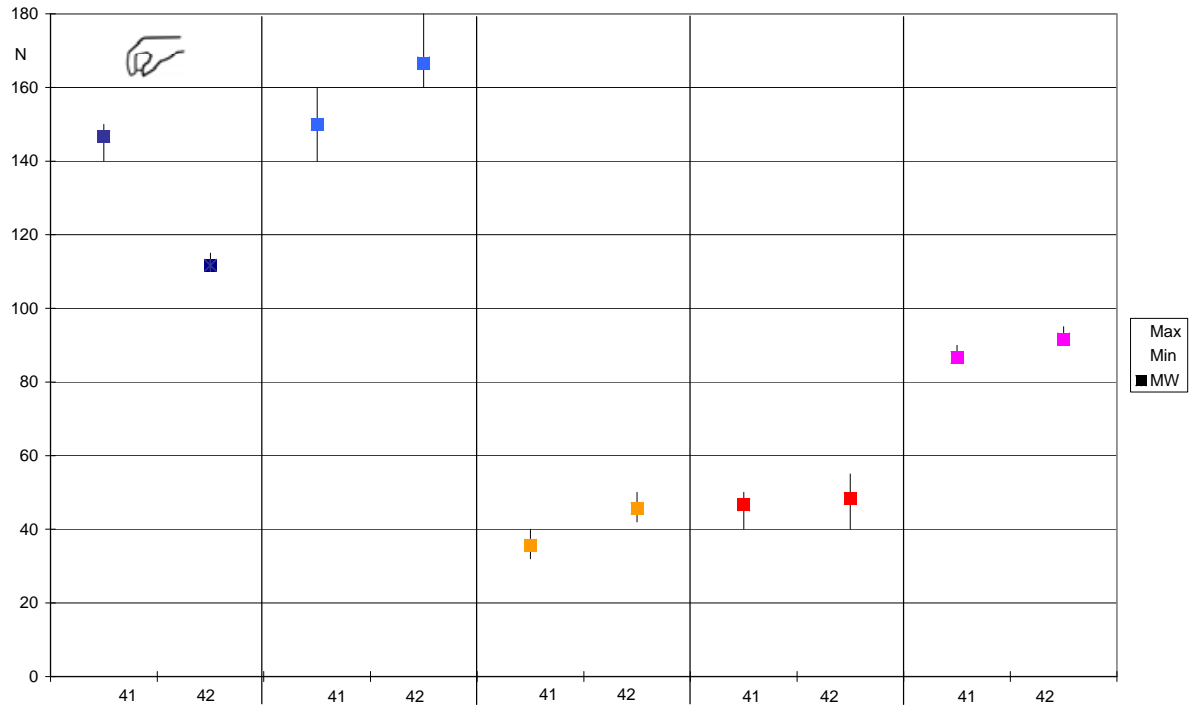
Anh. 7, Abb. 19 Ziehen an einem Metallblock 20/20 mm, kraftschlüssig, Zufassungsgriff



Anh. 7, Abb. 20 Schließkraft zwischen Daumen-Zeigefinger, Abstand 10 mm



Anh. 7, Abb. 21 Schließkraft zwischen Daumen-Zeigefinger, Abstand 35 mm



Anh. 7, Abb. 22 Schließkraft zwischen Daumen-Zeigefinger, Abstand 70 mm