



AWMF-Register Nr.	002/029	Klasse:	S1
--------------------------	----------------	----------------	-----------

Körperliche Belastungen des Rückens durch Lastenhandhabung und Zwangshaltungen im Arbeitsprozess

Arbeitsmedizinische S1-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM) und der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA).

Gründe für die Themenwahl sind die hohe Aktualität für die arbeitsmedizinische Beurteilung gesundheitlicher Wirkungen von körperlicher Arbeit im Rahmen der ergonomischen Arbeitsgestaltung, der Gefährdungsbeurteilung körperlich belastender Arbeitsplätze, der arbeitsmedizinischen Vorsorge von Beschäftigten mit erhöhten körperlichen Belastungen und der beruflichen Eingliederung von Beschäftigten mit arbeitsbezogenen Muskel-Skelett-Erkrankungen.

Die Zielorientierung richtet sich auf die Beurteilung körperlicher Belastungen durch die Handhabung von Lasten und durch Zwangshaltungen des Rückens bei der Arbeit sowie die sachgerechte Beurteilung präventiver Maßnahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge und der Einsetzbarkeit von Beschäftigten mit Muskel-Skelett-Erkrankungen.

Schlüsselwörter:

Körperliche Belastungen, Lastenhandhabung, Zwangshaltungen, ergonomische Arbeitsgestaltung, arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen

1 Vorbemerkungen

Körperlich hohe Belastungen kennzeichnen trotz des Wandels der Arbeitswelt auch in Zukunft bei einem erheblichen Anteil der Beschäftigten die Anforderungen der Arbeit und sind bestimmend für ihre Erwerbsfähigkeit.

Der arbeitsbedingte Anteil der Rückenerkrankungen, der auf einem Missverhältnis zwischen den mechanischen Belastungen und der Belastbarkeit beruht, erfordert adäquate Gefährdungsbeurteilungen von Arbeitsplätzen und Maßnahmen der Ergonomie und Arbeitsgestaltung, der Prävention und der Rehabilitation.

Lastenhandhabungen und Arbeiten in Zwangshaltungen kommen bei vielen Tätigkeiten gemeinsam vor und beanspruchen gegebenenfalls identische Muskelgruppen und Skelettstrukturen des gesamten Bewegungsapparates, vorrangig aber des Rückens. Lastenhandhabungen und Zwangshaltungen üben bis zu bestimmten Schwellen von Reaktionskräften ver-

gleichbare physiologische Wirkungen auf das System des Rückens aus, bevor nur durch die Handhabung besonders schwerer Lasten strukturelle Schäden eintreten können (Panjabi 1992, Bogduk 2000):

- Belastung passiver Strukturen der Bewegungssegmente der Wirbelsäule (Wirbelkörper, Bandscheiben, Gelenkstrukturen, Bandstrukturen) mit Stoffwechselveränderungen,
- Belastung und Ermüdung des aktiven Muskelsystems (Rücken / angrenzende Regionen), darunter oberflächliche lange und tiefe kurze Muskelschichten (Mm. interspinales, Mm. intertransversarii mediales, M. multifidus) und
- Wirkungen auf das Nervensystem mit objektiven (Muskelverspannung, Myogelosen) und subjektiven Symptomen (Rückenschmerzen).

Zwischen den erlebten Folgen beider Belastungsformen gibt es Wechselwirkungen:

- Häufiger Umgang mit schweren Lasten kann zu muskulären Ermüdungen führen, welche die Tätigkeit in erzwungenen Arbeitshaltungen erschweren.
- Lange dauernde Arbeit in Zwangshaltungen kann Beschwerden verursachen, die eine sonst zumutbare Lastenhandhabung als zu schwer erscheinen lassen.

2 Zielsetzung und Abgrenzung

Diese Leitlinie bezieht sich auf die Wirkungen von Lastenhandhabungen und Zwangshaltungen auf das Muskel-Skelett-System vorwiegend in Bezug auf den Rücken sowie daraus abzuleitende Maßnahmen und Handlungsweisen. Spezielle Belastungen anderer Teilstrukturen (Muskeln und Gelenke der Extremitäten) oder durch besondere Einwirkungen (Vibrationen) sind nicht Gegenstand dieser Leitlinie. Soweit die Lastenhandhabung zu einer energetischen Belastung des Körpers mit hoher kardiopulmonaler Beanspruchung führt, müssen weitere physiologische Beurteilungskriterien der Arbeit herangezogen werden (siehe z. B. Leitlinie „Nutzung der Herzfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft“).

Die Grundlage der Leitlinie bilden gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse der Arbeitsphysiologie und Arbeitsmedizin, der Orthopädie, Biomechanik, Arbeitswissenschaft und Arbeitspsychologie, aber auch allgemein anerkannte Konventionen der Praxis, die sich insbesondere in den inzwischen vorliegenden Ergonomienormen finden.

Die Leitlinie richtet sich an Institutionen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes, Anwender aus der Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft, Praktiker bei der Gefährdungsbeurteilung, der Arbeitsgestaltung und im Eingliederungsmanagement in den Unternehmen, die Tarifparteien sowie an medizinische Gutachter und Rehabilitationsmediziner. Damit soll der Einsatz weitgehend gleicher Konzepte und einheitlicher Kriterien für den anwenderspezifischen Umgang mit Lastenhandhabungen und körperlichen Zwangshaltungen bewirkt und die interdisziplinäre Kooperation erleichtert werden.

3 Definitionen

3.1 Manuelle Lastenhandhabung

Manuelle Lastenhandhabung ist das Heben, Senken, Tragen, Um- oder Absetzen, Halten, Schieben, Ziehen oder vergleichbares Bewegen von Lasten mittels menschlicher Körperkraft. Manuelle Lastenhandhabungen können bei hoher Belastung zur Ermüdung der Muskulatur, zur allgemeinen körperlichen Ermüdung sowie zu Beschwerden und Erkrankungen des

Muskel-Skelett-Systeme insbesondere in der Region der Lendenwirbelsäule und der umgebenden Muskulatur, aber auch in der Schulter-Arm-Region führen.

Eine besondere Form der manuellen Lastenhandhabung stellt das manuelle Bewegen und Unterstützen von Personen dar, das insbesondere in der Kranken- und Altenpflege anzutreffen und bezüglich der biomechanischen Zusammenhänge ähnlich ist.

Manuelle Lastenhandhabung ist mit dynamischer und statischer Muskelarbeit und mit Beanspruchungen der Strukturen des Skelettsystems sowie mit Beanspruchungen des Kreislaufsystems, des Atmungssystems und des Stoffwechsels verbunden.

3.2 Körperliche Zwangshaltungen

Körperliche Zwangshaltungen sind Körperhaltungen, die bedingt durch die ausgeführte Arbeit über eine längere Zeit mit geringen Bewegungsmöglichkeiten eingenommen werden müssen. Ihre Folgen sind hohe statische Muskelbelastungen, Druckwirkungen an unterschiedlichen Gewebsstrukturen der Gelenke insbesondere bei extremen Winkelstellungen mit Einschränkungen ihrer Ernährung sowie ggf. auch Störungen der Bandscheibenernährung.

Die häufigsten in der Arbeitswelt vorkommenden Zwangshaltungen sind:

- Arbeiten in Rumpfbeuge,
- Arbeiten im Hocken und Knien,
- Halten der Arme über Schulter- bzw. über Kopfniveau sowie Arbeiten im Liegen,
- erzwungene Sitzhaltungen in vorbestimmten Positionen,
- Stehen ohne größere Bewegungsmöglichkeit über eine längere Zeit.

4 Belastungen und Beanspruchungen

4.1 Allgemeines

Belastungen durch Lastenhandhabungen und Zwangshaltungen richten sich auf das gesamte System des Rückens und nicht allein auf die Wirbelsäule oder einzelne Wirbelsäulenabschnitte. Mechanisch bedingte Beanspruchungen des Rückens entstehen durch

- a) die Einwirkung von Kräften durch äußere Lasten über Hände und Arme, Schulter, Rücken und Nacken, die nach biomechanischen Prinzipien an die inneren Strukturen weitergegeben werden,
- b) den äußeren Lasten entgegenwirkende Muskelkräfte - die an die Körperumgebung abgegebenen Aktionskräfte.
- c) Muskelkräfte bei Zwangshaltungen zur Fixierung des Körpers in einer bestimmten Position (im Körper wirkende Reaktionskräfte).

Die Höhe der Aktionskräfte wird durch die äußeren Lasten, die Massenkräfte des menschlichen Körpers und die biomechanischen Verhältnisse in der belasteten Körperregion bestimmt. Im Körper treten dadurch Reaktionskräfte auf.

Die Reaktionskräfte werden von Knochen, Bändern, Gelenkstrukturen, Wirbelsäulenelementen, Sehnen und Muskeln aufgenommen und in teils komplexen biomechanischen Verknüpfungen fortgeleitet. Durch biomechanische Über- und Fehlbelastungen von Strukturen können als Beanspruchungsfolgen gesundheitliche Störungen und Schädigungen entstehen.

Neben diesen mechanischen Kraftwirkungen wirkt die Belastung auf die Energieversorgung der Muskulatur. Der Stoffwechsel ist eine notwendige Voraussetzung für die Ausübung der Muskelarbeit. Dazu sind die Sicherstellung der lokalen Muskeldurchblutung sowie eine hin-

reichende Leistungsfähigkeit des Kreislaufsystems notwendig. Versorgungsdefizite führen zur verminderten Belastbarkeit und werden von der betroffenen Person erlebt als

- a) lokale Muskelermüdung ggf. mit zeitweiligen Beschwerden,
- b) globale körperliche Ermüdung.

4.2 Manuelle Lastenhandhabung

Belastungen

Die Einwirkung mechanischer Belastungen durch Lastenhandhabungen wird durch folgende Parameter bestimmt:

- die gehandhabten Lastgewichte bzw. die aufzubringenden Aktionskräfte,
- die Art der Lastenhandhabung (z. B. Heben, Tragen, Ziehen),
- die Positionen der Lasten in Bezug zum Körperschwerpunkt,
- die Richtung der Kraftausübung auf das Lastobjekt,
- die Körperhaltungen und -bewegungen während der Lastenhandhabungen¹,

Häufigkeiten der Wiederholungen und die Dauer der Lastenhandhabungen und

die Verteilung von Belastungs- und Erholungszeiten innerhalb jedes Arbeitszyklus und jeder Arbeitsschicht.

Darüber hinaus sind die Ausführungsbedingungen (z. B. Bewegungsraum, Standsicherheit, Klima am Arbeitsplatz, Bekleidung) und weitere Kriterien der physiologischen Arbeitsgestaltung zu berücksichtigen.

Beanspruchungen

Im Rücken kann Lastenhandhabung unterschiedliche gesundheitliche Folgen haben:

- a) Akute und chronische unspezifische Rückenschmerzen als muskuläre und ligamentäre Überlastungsfolgen sind Beanspruchungswirkungen: Der Zusammenhang zwischen Lastenhandhabungen und Rückenschmerzen ergibt sich nicht zwingend. Die Belastbarkeit des Muskelsystems im Rücken und die Schmerztoleranz sind individuell verschieden.
- b) Degenerative Wirbelsäulenerkrankungen mit Bandscheibenprolaps oder Chondrose von Zwischenwirbelscheiben können Beanspruchungsfolgen sein: Die individuelle Gefährdung hängt nicht nur von äußeren Körpermerkmalen und der mechanischen Belastung, sondern auch von konstitutionellen und dispositionellen Faktoren ab.

Funktionsstörungen und Gesundheitsschäden am Muskel-Skelett-System können darüber hinaus auch Folgen von Unfällen beim Lastentransport sein, der allgemein ein erhöhtes Unfallrisiko einschließt.

4.3 Körperliche Zwangshaltungen

Belastungen

¹ Besonders hohe Beschleunigungen beim Lastentransport können beteiligte Strukturen besonders kurzzeitig hoch beanspruchen und wahrscheinlich zu Strukturschäden wie Mikrofrakturen der Endplatten der Wirbelkörper führen.

Zur Ermittlung, Bewertung und Beurteilung der Belastungen durch Zwangshaltungen ist die Kenntnis folgender Parameter erforderlich:

- die Körperhaltungen (Rumpf, Hals/Nacken, obere und untere Extremitäten),
- dabei aufzubringende Kräfte,
- die Dauer und Häufigkeiten der belastenden Haltungen,
- die Verteilung von Belastungs- und Erholungszeiten mit Bezug zur Arbeitsschicht.

Beanspruchungen

Die gesundheitlichen Wirkungen von Zwangshaltungen resultieren aus einer teilweisen oder kompletten Unterbrechung der lokalen Durchblutung. Es kommt zu anaerober Muskelarbeit, welche die Muskulatur bei längerer Dauer überfordert.

In Abhängigkeit von der Belastung können entstehen:

- lokale Ermüdung und Schmerzen (unspezifische Rückenschmerzen),
- Funktionsstörungen besonders bei langer Einwirkungsdauer oder Zusatzbelastungen,
- in seltenen Fällen auch Schädigungen der betroffenen Knochen- und Gelenkstrukturen.

Zwangshaltungen mit Haltearbeit von Gegenständen und Haltungsarbeit des Körpers (Fixierung der Körperhaltung) können unterschiedliche gesundheitliche Folgen haben:

- a) Die anaerobe Muskelarbeit begrenzt zeitlich die Ausführbarkeit der Arbeit. Der abnehmenden muskulären Leistung wird mit zunehmender neuromuskulärer Aktivierung und Anstrengung entgegengewirkt, die zur schnellen Ermüdung führt.
- b) Wegen der Einseitigkeit und Gleichförmigkeit kann eine dauerhafte selektive Beanspruchung bestimmter Muskelgruppen auftreten. Sie kann zu muskulären Dysbalancen führen sowie zu hohen Bandscheibenbelastungen sowie Gelenkbelastungen an Knorpel und Bändern.

5 Ermittlung und Beurteilung der Belastungen und Beanspruchungen

Die Ermittlung und Beurteilung der Belastungen gelingt auf Grund der in Kap. 4 dargestellten Merkmale der beiden Belastungsformen nur teilweise direkt. Sie erfolgt überwiegend indirekt durch die Interpretation von kurzfristigen Beanspruchungswirkungen oder langfristigen Beanspruchungsfolgen an repräsentativen Personengruppen.

Je nach der Art der Belastungen und dem angestrebten Genauigkeitsniveau stehen unterschiedliche physiologische und psychophysische Zugangswege zu ihrer Ermittlung zur Verfügung. Sie kann je nach der Zielstellung und den Bedingungen des Beurteilers folgende Niveaustufen aufweisen:

- Orientierende Methoden auf der Basis von ausgewählten Leitmerkmalen für Praxisanwender (Screeningverfahren),
- Expertenmethoden mit physiologisch-biomechanisch differenzierter Ermittlung und Berücksichtigung der zeitlichen Variabilität von Belastungen (sog. Expertenscreening) und
- Spezielle wissenschaftliche Methoden für besondere Fragestellungen (Messtechnische Erfassung von Belastungen, Laborsimulationen).

Eine Übersicht der für die Praxis empfohlenen Methoden der verschiedenen Niveaustufen gibt die Berufsgenossenschaftliche Information BGI 7011. Um die Folgen der Belastungen (d.h. die individuelle Beanspruchung) adäquat einzuschätzen, sollten gleichzeitig mehrere Dimensionen der Belastung ermittelt werden, die neben der Muskel-Skelett-Belastung z. B. die Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems und die subjektiv erlebte Beanspruchung einbeziehen.

Die Ermittlung sollte sowohl insbesondere langfristige Wirkungen (Anpassung, Überforderung, Krankheit) berücksichtigen, aber auch kurzfristige Wirkungen (am Beginn einer neuen Tätigkeit) einbeziehen.

Für die Anwendung aller Methoden gilt, dass die Gültigkeit des Beurteilungszeitraums (Arbeitsvorgang, Arbeitsschicht, Arbeitsjahre etc.) einer Belastungsermittlung zu berücksichtigen ist. Eine begleitende Zeitanalyse ist für jede Ermittlung anzustreben.

Weitergehende spezielle methodische Fragen ergeben sich bei retrospektiven Ermittlungen von Belastungen an nicht mehr vorhandenen Arbeitsplätzen (z. B. wegen der Verursachung von Berufskrankheiten). Sie werden in dieser Leitlinie nicht besonders berücksichtigt.

5.1 Methoden zur Ermittlung von Belastungen und Beanspruchungen

• Befragungen der Beschäftigten zur Belastung und Beanspruchung

Beschäftigte können die Höhe von Belastungen in der Regel nur begrenzt richtig angeben. Angaben zum Gewicht bestimmter Lasten und insbesondere über die Häufigkeiten und zeitlichen Anteile sind subjektiv durch ihre persönlichen Leistungsvoraussetzungen beeinflusst. Besonders Leistungsfähige neigen zur Unterschätzung, Leistungsschwache oder Erkrankte zu teilweise erheblichen Überschätzungen. Auch unter diesen Voraussetzungen sollten nur subjektive Einschätzungen der Arbeit durch eingearbeitete und erfahrene Beschäftigte benutzt werden.

○ BORG-Skala

Zum Beanspruchungsempfinden (auch „psychophysische Anstrengung“) steht als praxistaugliches Mittel die BORG-Skala zur Verfügung (Borg 2004). Sie bildet die von den Beschäftigten empfundene Anstrengung ab. Ihr Ergebnis kann somit nicht unmittelbar zwischen verschiedenen Beschäftigtengruppen verglichen werden.

Die subjektive Anstrengung von Beschäftigten sollte bei der BORG-Skala kurzzeitig den Bereich „anstrengend“ (15) und auf Dauer „etwas anstrengend“ (13 – d.h. man kann bei der Belastung gut weiterarbeiten) nicht überschreiten.

○ Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Belastung am Arbeitsplatz

Für eine umfassende Einschätzung des Belastungsempfindens am Arbeitsplatz steht der „Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Belastungen am Arbeitsplatz (FEBA)“ zur Verfügung (Slesina 1987 - www.rueckenkompass.de/methoden). Er prüft für 47 Arbeitsmerkmale, unter denen Muskel-Skelett-Belastungen eine besondere Rolle spielen, wie häufig oder wie stark diese Merkmale oder Faktoren auf die Arbeit zutreffen (subjektiv beurteilte Belastung) und ob sich der Befragte selbst dadurch beansprucht fühlt (Beanspruchungsempfinden).

• Befragungen von Beschäftigten über Beschwerden und Erkrankungen

Aktuelle Beschwerden geben wichtige Zusatzinformationen über die erlebte Beanspruchung. Die retrospektive Erfassung der Präsenz (Prävalenz) sowie des Neuauftretens (Inzidenz) von Beschwerden im Muskel-Skelett-System sollte stets getrennt für einzelne Körper- bzw. Gelenkregionen (z. B. Nackenregion) und für definierte Zeiträume (letzte Woche, letzter Monat,

letzte 12 Monate) erfolgen. Nur so sind Vergleiche zwischen unterschiedlich exponierten Personengruppen und im zeitlichen Verlauf möglich.

- VAS-Skalen / NRS-Skalen

Zur Dokumentation aktueller Beschwerden sind sog. VAS-Skalen (Visuelle Analog-Skalen) bzw. NRS-Skalen (Numerische Ratingskalen) geeignet, in denen der Befragte den Grad seiner lokalisations- und zeitbezogenen Beschwerden auf einem Balken zwischen 0 und 6 (VAS - Symbole) oder 0 und 10 (NRS – Zahlenwerte) ankreuzt.

- Nordischer Fragebogen

Für epidemiologische Untersuchungen zur Bestimmung der Periodenprävalenz von Beschwerden im Muskel-Skelett-System ist international der Nordische Fragebogen (NORDIC QUESTIONNAIRE) akzeptiert. Er berücksichtigt insbesondere die Prävalenz und die Dauer der Beschwerden sowie ihre Stärke bzw. Auswirkungen in den letzten 12 Monaten (Deutschsprachige Fassung: www.rueckenkompass.de/methoden).

- Anamnese von Belastungswirkungen

Die subjektive Erfassung von Belastungswirkungen am Muskel-Skelett-System ist durch einfache grafisch gestützte Dokumentationen (z. B. Körperschema) möglich, in welches der Beschäftigte seine Beschwerden z. B. durch ankreuzen einträgt. Ein Beispiel ist die Anamnese (Teil 1) zur arbeitsmedizinischen Vorsorge bei Belastungen des Muskel-Skelett-Systems (G 46). Bei der Angabe von Beschwerden ist besonders zu beachten, dass einzelne Personen auf Grund subjektiv veränderter Schmerz Wahrnehmung zu Fehleinschätzungen beitragen können (siehe Kap. 6.3).

- **Ermittlung von Maßen am Arbeitsplatz**

Arbeitsplatzmaße bestimmen die Ausführungsbedingungen der Arbeit und haben deshalb Einfluss auf die Belastung und Beanspruchung bei Lastenhandhabungen und durch Zwangshaltungen. Durch die Maße am Arbeitsplatz werden die daraus resultierenden Haltungserfordernisse und Bewegungsräume bestimmt. Bei der Ermittlung von Belastungen sind darum neben den Arbeitsplatzmaßen für den Bewegungsraum auch die Körpermaße der Beschäftigten zu berücksichtigen. Wichtige Körpermaße der deutschen Bevölkerung finden sich in der DIN 33402-2 und -3.

- **Screening-Verfahren - Beobachtung und Codierung von Belastungsmerkmalen**

Es existieren Verfahren, mit denen Standardsituationen der durchschnittlichen bzw. höchsten erwarteten Belastungen typischer Arbeitsschichten beurteilt werden. Diese Screening-Verfahren basieren auf Checklisten, mit denen durch logische Verknüpfungen von Ergebnissen und Erfahrungswerten vieler Studien Merkmale typischer Tätigkeiten beschrieben und nach Punkten bewertet werden. Checklisten sind nur begrenzt anwendbar, wenn die Höhe und die Häufigkeiten der Belastungen innerhalb der Arbeitsschicht variieren. Sie sind zur Bewertung von komplexen Tätigkeiten nur bedingt geeignet und liefern in der Regel keine Aussagen zu kumulierten Belastungen verschiedener Belastungssituationen mit Lastenhandhabungen oder Arbeiten in Zwangshaltungen. Die Verteilung von Belastungs- und Erholungszeiten während der Arbeitsschicht bleibt unberücksichtigt.

- Checkliste zur orientierenden Beurteilung der Gefährdung bei Belastungen des Muskel- und Skelettsystems

Die Checkliste „Orientierende Beurteilung der Gefährdung bei Belastungen des Muskel- und Skelettsystems“ ist als Teil der Handlungsanleitung zur Prüfung der Erfordernisse arbeitsmedizinischer Vorsorge bei körperlichen Belastungen des Muskel-Skelett-Systems entwickelt worden. Sie dient der orientierenden Gefährdungsbeurteilung bei Belastungen des Muskel-

und Skelettsystems (Hartmann et al. 2007). Die Checkliste enthält Richtwerte zur Identifizierung von Arbeitsplätzen mit erhöhten Gefährdungen für das Muskel-Skelettsystem sowie Informationen über die Art der Belastung.

- Leitmerkmalmethoden

Die Leitmerkmalmethoden zur Beurteilung von

- Heben, Halten und Tragen von Lasten sowie zum
- Ziehen und Schieben

sind von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) entwickelt worden und dienen der Erfüllung der Beurteilungspflicht nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und der Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV). Sie richten sich an den betrieblichen Praktiker und liefern einen Risikoindex zur Beurteilung manueller Lastenhandhabungen.

Darüber hinaus kann die Leitmerkmalmethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen (Steinberg et al. 2013) wegen des Einflusses zumeist fixierter Körperhaltungen (Zwangshaltungen) Hinweise auf Fehlbelastungen liefern.

Alle Leitmerkmalmethoden incl. Handlungsanleitungen und weiterführender Literatur finden sich unter www.baua.de/leitmerkmalmethoden sowie zusätzlich in mehreren europäischen Sprachen unter www.rueckenkompass.de/methoden.

- RULA-Verfahren

Für die Beurteilung der Belastung von Schulter und oberem Rücken steht das RULA-Verfahren zur Verfügung, dessen Ziel primär die Beurteilung der Hand-Arm-Schulter-Belastung ist (BGIA-REPORT 2/2007). Das Verfahren berücksichtigt auch Rumpfeignungen einschließlich der LWS-Region.

- OCRA-Verfahren

Das OCRA-Verfahren (Colombini et al. 2002) zur Beurteilung von repetitiven Belastungen des Finger-Hand-Arm-Schulter-Bereiches bezieht den oberen Rücken ein. Es erlaubt eine Vorhersage der Erkrankungswahrscheinlichkeit nach 10-jähriger Expositionsdauer mit einem Belastungsmuster.

- **Kombinationsverfahren für die arbeitswissenschaftliche Praxis**

Da in der realen Arbeitswelt oft mehrere Formen von körperlichen Belastungen auftreten, wurden Kombinationsverfahren entwickelt, welche unterschiedliche körperliche Belastungen (z.B. Körperhaltungen und –bewegungen mit geringem Kraftaufwand / Lastgewicht, Handhaben von Lasten, Ausüben von Aktionskräften) zu einer summarischen Bewertung zusammenfassen. Sie berücksichtigen die für jeden Lastfall relevanten Parameter. Einige Verfahren wurden vorrangig für kurzgetaktete (wenige Minuten) industrielle Tätigkeiten entwickelt und finden insbesondere in der Automobilindustrie Anwendung. Diese Verfahren entsprechen den derzeitig verfügbaren Expertenscreenings (siehe oben bei „Niveaustufen“!).

- IAD-Verfahren

Als Screening-Verfahren zur Beurteilung körperlichen Belastungen ist das IAD-BkA (BkA = Bewertung körperlicher Arbeit) auf der Basis von anderen Verfahren zur Risikoanalyse und -bewertung bei körperlichen Arbeiten entwickelt worden. Es basiert auf der Leitmerkmalmethode Heben, Halten, Tragen und ergänzt sie um den Anwendungsbereich der Aktionskräfte (Schaub 2002). IAD-BkA ist auch für ungetaktete Tätigkeiten z.B. im Handwerk einsetzbar. Die Bewertung erfolgt auf der Basis der Engpasskriterien Energieumsatz und Wirbelsäulenbelastung. Zusammen mit den daraus abgeleiteten personenzentrierten Verfahren AAWS

(Automotive Assembly Worksheet – Schaub 2004) und EAWS (European Assembly Worksheet – Schaub & Ahmadi 2007) berücksichtigt es tätigkeitsspezifische Anwendungsfälle.

Sie basieren auf einem menschenbezogenen Koordinatensystem der erhobenen Körperhaltungen als Funktion von Arbeitsplatzgeometrie und von Körpermaßen des beobachteten Beschäftigten und beziehen Körperhaltungen und –bewegungen mit geringem Kraftaufwand bzw. Lastgewicht sowie das Handhaben von Lasten und Ausüben von Aktionskräften ein. Die Bewertung erfolgt in Punktsummen, die einem niedrigen, möglichen oder hohen Risiko und der damit verbundenen Dringlichkeit zur Ableitung von Maßnahmen zugeordnet werden. Das EAWS gestattet zusätzlich die Bewertung von repetitiven Belastungen der oberen Extremitäten. Ein weiteres Anwendungstool dieser Verfahrensgruppe ist das MTMergonomics (Schaub et al. 2004). Es zielt mittels einer detaillierten Tätigkeitsbeschreibung besonders auf die Planung neuer bzw. veränderter Arbeitsplätze. Durch zusätzliche arbeitsplatzbezogene Parameter (z.B. Lage der Wirkstelle, Zugangsrichtung zur Wirkstelle etc.) können für typische Merkmale einer Nutzerpopulation die körperlichen Belastungen eines Beschäftigten mit Hilfe eines „Belastungsprädiktors“ ermittelt werden. Die Bewertung der körperlichen Belastungen erfolgt über die oben dargestellten Kombinationsverfahren zur Bewertung körperlicher Arbeit.

- ASER-Verfahren

Eine ähnliche Anwendung zur tätigkeitsbezogenen Beurteilung von Belastungen durch Lasten und Zwangshaltungen stellt die Verfahrensgruppe BAB/BDS dar.

Das Verfahren zur Beurteilung arbeitsbedingter Belastungen (BAB) ist als Papierversion angelegt und als standardisiertes Beobachtungsinterview aufgebaut. Es kann ein orientierendes Belastungsprofil für vorwiegend physisch belastende Arbeitsplätze erstellt werden. Unter den 31 Items zur Belastungssituation am Arbeitsplatz werden unter den physischen Belastungsarten die Merkmale "Körperhaltung", Körperbewegung", "statische Muskelarbeit", "dynamische Muskelarbeit" und "Erholungsmöglichkeiten" betrachtet. Die Güte für Validität und Objektivität wurde ermittelt und ist akzeptabel (Peters 1986).

Das Belastungs-Dokumentations-System (BDS) wurde auf Grundlage des BAB-Verfahrens entwickelt. Betrachtet werden u.a. die physischen Belastungsmerkmale Körperhaltung, Körperbewegung, Lastenhandhabung, dynamische Muskelarbeit und manuelle Arbeitsprozesse. Sofern verfügbar, wurden valide Beurteilungsmethoden integriert (Dolfen & Klußmann 2012, Klußmann et al. 2013). Das BDS Verfahren ist als Online-Tool, Demo-Version und betriebs-spezifische Anwendung verfügbar (www.institut-aser.de/methoden/bds).

Für beide Verfahren liegen Erfahrungen im Bereich der Eisen- und Stahlindustrie, Glasindustrie, Keramikindustrie, Metallindustrie, Speditionsgewerbe, Handel, Logistik, Hafenumschlag, Chemie-Bereich, Automotiv-Bereich, Bereich Medizinprodukte sowie KMU verschiedener Branchen vor.

- **Beobachtungsverfahren zur fortlaufenden Belastungsdokumentation**

- OWAS

Internationale weite Verbreitung hat das OWAS-Verfahren (Karhu 1981) gefunden. Es setzt eine dauernde Beobachtung der Arbeitsaufgabe und Kodierung von Körperhaltungen und Lasten entweder im festen Zeittakt (OWAS: Multimomentverfahren). Die Daten werden nachgehend zu Belastungskonstellationen zusammengeführt. Derartige Daten können auch aus geeigneten Videoaufnahmen kodiert werden. Die Belastung der Lendenwirbelsäule (LWS) kann danach mit einem biomechanischen Modell (z. B. DER DORTMUNDER – Jäger et al. 2000) abgeschätzt werden (siehe Dortmunder Lumbalbelastungsstudie - Jäger et al. 1998).

- **Kontinuierliche Messung von Belastungen in der Praxis**

- CUELA-Messverfahren

Die gesetzlichen Unfallversicherungsträger in Deutschland setzen zur kontinuierlichen Messung der unter 4.2 und 4.3 genannten Belastungsparameter das körperbezogene Messsystem CUELA (Computer-unterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) ein (Ellegast et al. 2006a / 2006b). Das CUELA-System besteht aus Sensoren zur Erfassung von Körperteilstellungen und einem tragbaren Miniaturcomputer, welche auf der Kleidung der Arbeitsperson angebracht werden. Die Belastungsdaten (Gelenkbewegungen, einwirkende Kräfte) werden gegebenenfalls zusammen mit anderen Kenngrößen wie Herzschlagfrequenz oder Oberflächenelektromyogramm mit hoher Zeitauflösung über eine Arbeitsschicht gemessen und gespeichert. Das Messsystem ist für den Feldeinsatz auch an nicht-stationären Arbeitsplätzen konzipiert. Eine Zuordnung der Belastungsmesswerte zu den Arbeitssituationen ist mittels synchronisierter Videoaufnahmen möglich. Die Messergebnisse können als Eingangsdaten für biomechanische Modellrechnungen (z. B. Der DORTMUNDER – Jäger et al. 2000) zur Abschätzung der LWS-Belastung genutzt werden (Beispiel – siehe Glitsch et al. 2004, Jäger et al. 2007).

- **Kontinuierliche Messung von Belastungen im Labor**

- Kameraverfahren in Verbindung mit Kraftmesssystemen

Zur Registrierung von Haltungen und Bewegungen werden in Laborumgebungen bei der Nachstellung von Arbeitsplatzsituationen aktive oder passive, d.h. leuchtende oder das Licht reflektierende Marker (z. B. OPTOTRAK, VICON-System), die vorrangig an Gelenkpunkten der Probanden angebracht werden, in Verbindung mit stationären Kamerasystemen genutzt. Körperkräfte können hierzu synchron mit Kraftmesssystemen (z. B. Kraftmessplattformen) erfasst werden. Der Vorteil dieser Methoden ist eine sehr hohe räumliche und zeitliche Auflösung und Genauigkeit bei der Erfassung der Belastungsdaten. Grenzen werden durch die eingeschränkte Anwendbarkeit in einem umrissenen Arbeitsfeld gesetzt (z.B. Jäger et al. 2013, Glitsch et al. 2007).

- **Messung von Belastungsreaktionen mittels physiologischer Parameter**

- Arbeitsherzschlagfrequenz

Wegen der annähernd linearen Beziehung zwischen dem Energieverbrauch (Sauerstoffverbrauch oder Arbeitsenergieumsatz/Minute) und der Herzschlagfrequenz unter mittelschwerer bis schwerer dynamischer körperlicher Ganzkörperarbeit bildet letztere die Schwere der Arbeit bei Praxisuntersuchungen mit einfachen Mitteln hinreichend genau ab (siehe dazu die Leitlinie „Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft“ des Forums Arbeitsphysiologie (www.awmf.org)).

- Arbeitsenergieumsatz

Der Energieumsatz steht in einer mittelbaren Beziehung zur Lastenhandhabung. Der Energieverbrauch der arbeitenden Muskulatur spiegelt vorwiegend die dynamische muskuläre Belastung wider. Als Kriterium der klassischen Arbeitsphysiologie zur Beurteilung langzeitiger dynamischer Schwerarbeit großer Muskelgruppen hat die Abschätzung des Energieumsatzes auch heute noch eine Bedeutung: Durch die allgemeine körperliche Ermüdung wird das tägliche Arbeitsvolumen begrenzt (Ausführbarkeit). Körperliche Ermüdung kann eine schlechtere muskuläre Koordination und damit ein höheres Fehlbelastungsrisiko des Muskel-Skelett-Systems zur Folge haben.

Als begleitende Methode zur Energieumsatzschätzung bei der Beurteilung von Muskel-Skelett-Belastungen des Rückens können die Tafeln von Spitzer, Hettinger und Kaminsky

(1981) empfohlen werden. Ein Online-Rechner hierzu, welcher auf dem Verfahren der Gruppenbewertungstabellen basiert, ist verfügbar unter www.institut-aser.de/methoden/au.

- Elektromyographie (EMG)

Die Elektromyographie erlaubt die Quantifizierung der Belastung einzelner Muskeln oder Muskelgruppen. In der Regel wird mit Hilfe der Oberflächen-Elektromyographie die Aktivität der oberflächlichen Muskulatur gemessen. Einzelheiten sind der Leitlinie „Oberflächen-Elektromyographie in der Arbeitsmedizin, Arbeitsphysiologie und Arbeitswissenschaft“ (www.awmf.org/leitlinien/detail/II/002-016.html) zu entnehmen.

5.2 Kriterien zu Beurteilung von Beanspruchungen

5.2.1 Ableitung von Kriterien

Problemlage

Arbeitswissenschaft und Arbeitsmedizin beurteilen Tätigkeiten nach 3 gesundheitsbezogenen Aspekten:

- a) Ausführbarkeit: Kann die durch die Belastung geforderte Leistung wenigstens kurzfristig unter Berücksichtigung von Höhe und Dauer der Belastungen in der Zeit (Dosis) erbracht werden?
- b) Erträglichkeit und Schädigungslosigkeit: Liegt die Belastung unterhalb eines Niveaus, das zu mittelfristigen (Tage bis Monate) oder langfristigen (Jahre bis Jahrzehnte) gesundheitlichen Störungen oder Schädigungen führt?
- c) Zumutbarkeit: Erreicht die psychophysische Beeinträchtigung durch die Belastung ein Niveau, welches das Befinden nicht dauerhaft beeinträchtigt und die Erholungsfähigkeit nach der Belastung nicht überschreitet?

Richtwerte der höchsten zumutbaren Belastungen durch Lastenhandhabungen und Zwangshaltungen gründen sich im Gegensatz zu experimentellen physiologischen Richtwerten der dynamischen Ganzkörperarbeit weitgehend auf Vereinbarungen von Experten, denen vielfältige vorwiegend biomechanische und physiologische Daten zu Grunde liegen.

Sie beziehen sich zumeist auf kurzfristige Beanspruchungswirkungen (Stunden, Arbeitstag) von Gewebsstrukturen (Bandscheiben, Knorpel, Sehnen) und der Muskulatur und werden durch psychophysisch empfundene Beanspruchungswirkungen ergänzt.

Für die Beurteilung der Beanspruchungsfolgen bei jahre- / lebenslanger Ausübung belastender Tätigkeiten existieren wegen der methodischen Schwierigkeiten der Untersuchung langfristiger physiologischer Effekte erhebliche Erkenntnisdefizite. Epidemiologische Langzeitstudien mit gesicherten Daten über die Folgen einwirkender physischer Belastungen fehlen fast vollkommen.

Die biologische Variabilität menschlicher Anlagen für physische Leistungsfähigkeiten, Unterschiede der Lebensweise sowie geschlechtstypische und altersabhängige Leistungsfähigkeiten und Belastbarkeiten haben zur Folge, dass Richtwerte und Schwellen zumutbarer Belastungen aus Durchschnittswerten im Einzelfall zu hoch oder zu gering sein können.

Die Interpretation wird beeinflusst vom o. a. angestrebten arbeitswissenschaftlich Gestaltungsniveau (Ausführbarkeit, Erträglichkeit und Schädigungslosigkeit, Zumutbarkeit der Arbeit) und von der gesundheitlichen Risikoakzeptanz. Das Ziel der Beurteilung und die Risikoakzeptanz beeinflussen die Empfehlungen z. B. für

- die medizinische und technische Prävention (aktueller Einsatz von Gesunden oder Beeinträchtigten),
- die Arbeitsgestaltung (Gebot der Prävention),

- die Rehabilitation (Wiedereinsatz von Leistungsgeminderten) und
- die versicherungsrechtliche Entschädigungspraxis (Verhütung des Wiedereintretens oder der Verschlimmerung einer Berufskrankheit).

Schlussfolgerung für die Praxis:

Zur Beurteilung von körperlichen Belastungen durch Lastenhandhabung und Zwangshaltungen gibt es keine rechtlich verbindlichen Kriterien. Ausnahmen sind die Risikoanalysen für die Herstellung neuer Arbeitsmittel im Rahmen der Maschinenrichtlinie und Festlegungen für besonders schützenswerte Personengruppen (Kinder und Jugendliche², Frauen und Schwangere³).

Eine Hilfe für die Praxis kann die Erkennung des leistungsbegrenzenden bzw. risikoreichsten Engpasses einer bestimmten Belastungssituation darstellen. Sie betrifft in der Regel die schwersten zu bewegenden Lasten sowie die am längsten andauernden Zwangshaltungen durch stärkere Rumpfbeugung.

Ein Praxiswerkzeug ist die Checkliste „Orientierende Beurteilung der Gefährdung zur Auswahl des zu untersuchenden Personenkreises bei Belastungen des Muskel- und Skelettsystems“ (siehe 5.1).

5.3 Methodenspezifische Kriterien

Befragungen

Unter exponierten Personen kann häufigeres sowie wiederholtes Auftreten von Rücken- und Gelenkschmerzen ein Merkmal zu hoher körperlicher Belastung sein, wenn

- a) ein physiologisch erklärbarer und ein zeitlicher Bezug zur Belastung besteht,
- b) diese Schmerzen über lange Zeit immer wieder oder dauernd auftreten und
- c) in belastungsfreien Zeitintervallen Schmerzlinderung bis –freiheit besteht.

Bewertungen subjektiver Erhebungen sind durch den Gruppenvergleich zu nichtexponierten Personen unter ähnlichen Bedingungen der Datenerhebung (repräsentative Auswahl der Probanden, Berücksichtigung von Alter, Geschlecht u.a. Faktoren) möglich. Aus Gruppenbefragungen im Querschnittsansatz lassen sich gesundheitliche Indikatoren wie die Prävalenz von Beschwerden in bestimmten Körperregionen, in Längsschnittbetrachtungen auch die Inzidenz (Neuaufreten von Beschwerden / Erkrankungen) ableiten. Erhöhte Raten von Beschwerden im Rücken oder den Gelenkregionen bei Beschäftigten, die Heben oder Tragen bzw. in Zwangshaltung arbeiten, sind im Vergleich zu nicht oder geringer belasteten Beschäftigtengruppen als Hinweis für eine erhöhte Beanspruchung zu werten.

Kriterien der Arbeitsplatzmaße

² Kinderarbeitsschutzverordnung §2.2: Nach der Kinderarbeitsschutzverordnung ist eine Beschäftigung mit Arbeiten für Kinder über 13 Jahre und vollschulpflichtige Jugendliche nicht geeignet, wenn sie mit einer manuellen Handhabung von Lasten verbunden ist, die regelmäßig das maximale Lastgewicht von 7,5 kg oder gelegentlich das maximale Lastgewicht von 10 kg überschreiten.

³ Gesetz zum Schutz der erwerbstätigen Mutter §4.2: Werdende Mütter dürfen nicht mit Arbeiten beschäftigt werden, bei denen regelmäßig Lasten von mehr als fünf kg Gewicht oder gelegentlich Lasten von mehr als zehn kg Gewicht ohne mechanische Hilfsmittel von Hand gehoben, bewegt oder befördert werden.

Für die Beurteilung von Arbeitsplätzen sind die anthropometrischen Voraussetzungen der Benutzergruppe zu berücksichtigen, um insbesondere Arbeitshöhen, Sitzhöhe, Beinfreiheit, Greifräume, Sicherheitsabstände und Zugangsmaße zu beurteilen. Ein Wechsel der Körperhaltungen im Bewegungsraum soll grundsätzlich möglich sein.

Die Spannweiten der anthropometrischen Daten zwischen der kleinen Frau (5. Perzentil) und dem großen Mann (95. Perzentil) sind zur Vermeidung belastender Körperhaltungen und -bewegungen zu berücksichtigen. Innenmaße (z. B. Abmessungen für Beinraum) sollten dem 95. Perzentil genügen. Bei Reichweiten gelten die Werte des 5. Perzentils. Umfassende Kriterien zur maßlichen Gestaltung von Arbeitsplätzen sind in der DIN EN ISO 14738 enthalten.

Kriterien der Körperhaltungen

Die Körperhaltung bei der Arbeit sollte nicht dauerhaft einseitig von der Neutralposition im Gehen, Stehen oder Sitzen abweichen und dadurch statische Muskelbelastungen verursachen. Das Sitzen ist dem Stehen als Hauptarbeitshaltung vorzuziehen. Die Häufigkeit und Dauer von Tätigkeiten in Rumpfbeugehaltung, kniender, hockender oder liegender Haltungen und Arbeiten über Schulterniveau sollten eingeschränkt werden. Ein Wechsel der Körperhaltungen und ein gelegentlicher Wechsel der Arbeitsposition z. B. zwischen Sitzen und Stehen sind anzustreben.

Konkretere Anhaltspunkte für die Beurteilung von Körperhaltungen geben Ergonomie-Normen: Die in Deutschland und Europa zur Gestaltung von Arbeit an Maschinen empfohlene DIN EN 1005-4 und die weltweite Empfehlung zur Gestaltung von Arbeit und Produkten der ISO 11226 bewerten insbesondere Rumpfvorneigungen sowie Lateral- und Rotationsbewegungen, wobei die ISO-Norm zeitabhängige Empfehlungen zwischen 4 und 1 Minuten enthält.

Bedingt oder nicht akzeptable Haltungen des Rumpfes sind:

- a) Bewegungen in der Sagittalebene (Beugen) des Rumpfes
 - Arbeiten im Beugen (Vorneigung ca. 20° bis 60°),
 - Arbeiten im Bücken (Vorneigung über 60°) ohne Abstützung des Oberkörpers,
 - Arbeiten in Extensionshaltung (Rückneigung des Rumpfes ohne Abstützung);
- b) Lateral- und Rotationsbewegungen des Rumpfes:
 - Seitwärtsneigungen des Rumpfes >10° zu jeder Seite,
 - Verdrehungen des Rumpfes >10° um die Körperlängsachse, die für längere Zeit oder vielfach wiederholt eingenommen werden.

Kriterien der Körperbewegungen

Bewegungen des Körpers sind günstig, wenn sie einem natürlichen Bewegungsrhythmus entsprechen und natürlichen Bewegungsbahnen folgen (siehe DIN EN 614). Zwangshaltungen oder länger andauernden Bewegungen mit extremen Gelenkwinkeln der Beschäftigten sollen vermieden werden (ISO 11226, DIN EN 1005-4). Bei der Bewertung dynamischer Bewegungen ist die körpersegmentabhängige Bewegungsfrequenz zu berücksichtigen (siehe DIN EN 1005-4). Zur Gestaltung von Bewegungsabläufen sollten folgende Grundsätze beachtet werden:

- Arbeitsabläufe so gestalten, dass sich ständig wiederholende identische Bewegungsabläufe vermieden werden, die zu Beeinträchtigungen, Krankheiten oder Verletzungen führen;

- Bewegungsabläufe mit hohen Präzisions- und Genauigkeitsanforderungen sind mit geringem Kraftaufwand auszuführen
- Für die manuelle Handhabung mit hohen Genauigkeitsanforderungen sind Hilfsmittel (z.B. Hebezeuge, Führungen, Anschläge) vorzusehen. Der Arbeitsbereich muss ausreichende Abmessungen für diese Hilfsmittel aufweisen;
- Drehbewegungen oder extreme Stellungen der Hand- und Armgelenke mit hohem Kräfteinsatz sollen vermieden werden.

Kriterien der Körperkräfte

Die Anforderungen an die Körperkräfte von Beschäftigten während des Einsatzes sind auf ein annehmbares Maß zu beschränken. Dieses ist bei der Handhabung von Gegenständen abhängig von

- Gewicht, Form, Größe, Gewichtsverteilung und Lage der Gegenstände
- der Dauer und Häufigkeit des Kräfteinsatzes
- der Körperhaltung der Beschäftigten (Sitzen oder Stehen),
- den Bewegungsbahnen während der Ausführung eines Arbeitsvorgangs,
- den Arbeitsregeln und -methoden sowie
- bestimmten charakteristischen Eigenschaften der vorgesehenen Beschäftigtengruppe (z.B. Geschlecht, Alter, Gesundheitszustand, Körperbau und Trainiertheit).

Beim Gestalten von Bewegungsabläufen sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Falls die erforderliche Kraft nicht von Muskelgruppen entsprechender Leistungsfähigkeit aufgebracht werden kann, sind mechanische Hilfsmittel bereitzustellen;
- Länger andauernde statische Muskelanspannung (wie beispielsweise bei Haltetätigkeit der Arme und Hände über dem Kopf) ist zu vermeiden. Das Gewicht handgeführter Maschinen kann bei längerem Einsatz eine wesentliche Ursache für Muskelermüdung sein; diese Auswirkungen sollten vermindert werden, z.B. durch Abstützung der Maschinen mittels einer Aufhängevorrichtung;
- Zur Verringerung des Kräfteinsatzes sind die Schwerkraft oder andere Mittel möglichst unterstützend zu nutzen;
- Im Hinblick auf die Handhabungsanforderungen ist das Gewicht handgeführter Arbeitsmittel so zu verteilen, dass ein angemessenes Gleichgewicht erreicht wird.

Das Verhältnis der ausgeübten Aktionskraft eines Muskels zu seiner Maximalkraft, die Kontraktionsdauer und die Häufigkeit der Kontraktionen bestimmen die muskuläre Beanspruchung und die dadurch eintretende Muskelermüdung. Die Empfehlung einer physiologisch ausführbaren oder aus sozialer Sicht zumutbaren Belastung durch Kraftausübungen bei der Arbeit erfolgt durch den Bezug auf empirisch ermittelte kollektive Richtwerte.

Angaben zu maximalen statischen Aktionskräften, welche nur als Grenzen der Ausführbarkeit der Arbeit angesetzt werden können, finden sich z.B. in der DIN 33411-5, im montage-spezifischen Kraftatlas (Wakula et al. 2009) sowie in der KAN-Studie 50 (Klußmann et al. 2013).

Verfahren zur Ermittlung maximal empfohlener Kraftausübungen finden sich z.B. in der DIN EN1005-3 und ISO 11228 Teil 1 (Heben & Tragen) und Teil 2 (Ziehen & Schieben). Diese berücksichtigen neben dem Lastgewicht, der Körperhaltung und personenbezogenen Faktoren auch zeitliche Aspekte (z.B. Häufigkeiten, Dauern, Bewegungsgeschwindigkeiten).

Kriterien bei Screening- und Beobachtungsverfahren

Die Screening- und Beobachtungsverfahren enthalten spezifisch unterschiedliche Kriterien. Dabei folgen sie in der Regel einem mehrstufigen Risikoansatz, der etwa einem Ampelmodell entspricht und zwischen akzeptablem (grün), bedingt akzeptablem (gelb) und nicht akzeptablem (rot) Risiko unterscheidet. Die Grundlagen der Risikoakzeptanz sind an sozialpolitischen Kriterien des Arbeits- und Gesundheitsschutzes orientierte Konsensempfehlungen von Experten auf der Basis überwiegend epidemiologischer und physiologischer wissenschaftlicher Erkenntnisse.

In den Verfahren werden in der Regel die folgenden Einflussgrößen auf die Belastung berücksichtigt:

- Beim Umsetzen, Halten und Tragen von Lasten sind das Lastgewicht, die Körperhaltung sowie zeitliche Aspekte (z.B. Anzahl der Umsetzvorgänge, Tragestrecke, Halte-dauer) zu berücksichtigen.
- Beim Ziehen und Schieben von Lasten gilt es die Transportmittel, die Eigenschaften des Fußbodens und den Verlauf der Transportstrecke zu berücksichtigen (siehe Kapitel 5.1.).

In der Regel erfolgt die Beurteilung mit Hilfe von Punktwerten, die sich auf vereinbarte Klassifikationen des Risikos beziehen.

Kriterien bei Messverfahren in Praxis und Labor

Die mit Hilfe von speziellen Messverfahren erhobenen Belastungsdaten können softwaregestützt sowohl der Bewertung nach Einzelkriterien (z. B. Körperhaltungen, -bewegungen und -kräfte nach Normen) als auch einer Gesamtbewertung (Kombinationsverfahren oder biomechanische Modellrechnung) zugeführt werden.

Biomechanische Kriterien zur Belastung und Beanspruchung des Rückens:

Biomechanische Simulationen an menschenbezogenen Modellen können momentane physische Belastungen realitätsnah abschätzen, wie Ergebnisvergleiche mit Untersuchungen am lebenden Menschen nachweisen (Nachemson und Morris 1964, Wilke et al. 1999, Jäger 2001).

Die biomechanische Einschätzung der Belastung der Wirbelsäule mit Hilfe der Bandscheibendruckkraft stellt eine Vereinfachung der vielfältigen mechanischen Belastungen im Bewegungssegment von Bandscheiben, Wirbelkörpern, Intervertebralgelenken und Muskeln dar, da in der Regel auch erhebliche Scherkräfte sowie Beuge- und Torsionsmomente auftreten. In der biomechanischen Modellierung werden Lastmomente der durch Aktionskräfte und Körperteil-Massen induzierten Belastungen berechnet, denen im Regelfall durch Aktivität der Rücken- und Bauchmuskulatur entgegengewirkt wird. Somit geben die Beugemomente nach vorn bei länger dauernden Belastungen in fixierter Körperhaltung auch Anhaltspunkte für die statische Belastung der Rückenmuskulatur durch Zwangshaltungen im Beugen und Bücken. Für diese wurden bisher allerdings keine Beurteilungskriterien erarbeitet. Zur Bewertung von Momenten siehe Tichauer 1978.

Gesundheitlich relevante Beanspruchungswirkungen und -folgen hoher biomechanischer Belastungen können sein:

- a) Ermüdung der Muskulatur mit Missempfindungen, Ermüdungsschmerz und verminderter intra- bzw. intermuskulärer Koordination mit Kraftverlust,

- b) Stoffwechselstörungen des belasteten Gewebes insbesondere von Bandscheiben und Knorpel mit der Folge degenerativer Gewebsveränderungen und
- c) knöcherne Strukturschädigungen durch Mikrofrakturen in Wirbelkörperendplatten, Mikrorupturen in Sehnenansätzen und reaktivem Umbau von Knochenstrukturen.

Die biomechanische Bewertung der Beanspruchung durch hohe kurzzeitige Belastungen der Wirbelsäule kann aus ihrer Strukturfestigkeit abgeleitet werden. Diese ist bei Männern höher als bei Frauen, zeigt eine große interindividuelle Variabilität und nimmt mit dem Lebensalter ab. Nach Geschlecht und Alter differenzierte Empfehlungen zur maximalen Kompressionsbelastung der LWS beim Handhaben von Lasten (Dortmunder Richtwerte: Jäger et al. 2001 – zwischen ca. 2kN und 6 kN) berücksichtigen die biologischen Eigenschaften der Bewegungssegmente im Gegensatz zu „einheitlichen Richtwerten“ (z.B. NIOSH 1981 – 3,4 kN bei L5/S1).

Für Risikoabschätzungen der Beanspruchungsfolgen durch langzeitige LWS-bezogene Belastung wird ein Dosisansatz auf die Wirkung von Lastenhandhabung und Zwangshaltungen angewendet. In derzeit üblichen kumulativen Dosismodellen werden die Bandscheibenkompression, die Einwirkungsdauer und die Handhabungshäufigkeit berücksichtigt. Belastungen eines Arbeitslebens können an verschiedenen Arbeitsplätzen, in unterschiedlichen Berufsfeldern, zu verschiedenen Zeiträumen und in verschiedenen Kombinationen zusammengeführt und verglichen werden. Die Realität vereinfachend wird in bisher genutzten Modellen unterstellt, dass eine bestimmte Belastung in jedem Lebensalter eine etwa gleiche Beanspruchungswirkung entfaltet.

Mit Bezug auf den besonderen Bereich der Kranken- und Altenpflege beschreibt der ISO Technical Report (ISO/TR 12296) den derzeitigen Erkenntnisstand zur Identifizierung, Bewertung und Verringerung von Risiken beim manuellen Bewegen und Unterstützen von Patienten wieder. Aktuelle Erhebungen zu auftretenden Körperhaltungen und Wirbelsäulenbelastungen sind bei Freitag et al. (2012) bzw. Jäger et al. (2013) dargestellt.

In Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren zu bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule (BK 2108) wird zur quantitativen Beschreibung der kumulativen Wirbelsäulenbelastung das Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) verwendet. Die Bandscheibenkompression als Maß der Belastungshöhe wird hier wegen des höheren Schädigungspotentials überproportional zur Belastungsdauer gewichtet (Jäger et al. 1999). Die „Deutsche Wirbelsäulenstudie“ (Bolm-Audorff et al. 2007) und eine nachfolgende Richtwertestudie (Seidler et al. 2012) haben diese Dosis-Wirkung-Beziehungen geprüft und Modifikationen im Mainz-Dortmunder Dosismodell vorgeschlagen. Die hier empfohlenen Richtwerte gelten für die haftungsbegründende Kausalität bei der Berufskrankheit 2108 und sind keine präventiven Richtwerte im Sinn dieser Leitlinie.

Beurteilungen bei der Elektromyographie

Zur quantitativen Erfassung der Muskelbeanspruchung wird die Amplitude des Elektromyogramms, zur Feststellung von Muskelermüdung das zeitliche Verhalten der EMG-Amplitude und des EMG-Spektrums genutzt. In der so genannten „kombinierten Analyse von EMG-Spektrum und -Amplitude (*Joint Analysis of EMG Spectrum and Amplitude = JASA*: Luttmann et al. 2001)“ werden Veränderungen der Amplitude und des Spektrums gleichzeitig ausgewertet. Mit dieser Methode ist es möglich, zwischen ermüdungsbedingten und kraftbezogenen EMG-Veränderungen zu unterscheiden und die Ursache einer EMG-Veränderung den Kategorien „Ermüdung“, „Erholung“, „Kraftzunahme“ oder „Kraftabnahme“ zuzuordnen.

Mehrkanalige elektromyographische Verfahren ermöglichen es, mit Maß und Zahl diejenigen "physiologischen Kosten" zu bestimmen, die von der arbeitenden Muskulatur "bezahlt" werden müssen. Damit kann sowohl eine beanspruchungsgerechte Planung und Gestaltung manueller Tätigkeiten (Strasser 1996) als auch eine Beurteilung der ergonomischen Qualität handgeführter Arbeitsmittel (Strasser 2007) erfolgen.

Kriterien für den Energieaufwand und die Herzschlagfrequenz

Bei gesunden untrainierten Männern und Frauen mittlerer Leistungsfähigkeit im Altersbereich zwischen 20 und 50 Jahren sollen die körperlichen Aktivitäten etwa ein Drittel der maximalen Fahrradergometerleistung (W) oder der maximalen Sauerstoffaufnahme erreichen (Dauerleistungsgrenze). Die Herzschlagfrequenz (Hf), die sich in diesem (Grenz-)Bereich einstellt, liegt in der Größenordnung 105 bis 110 min⁻¹. Die arbeitsbedingte Auslenkung der Hf (Netto-Hf) beträgt hier etwa 35 Schläge auf eine Arbeitsschichtdauer (8 h) bezogen. Bis zu diesem Bereich weisen ausgewählte Kreislauf- und Atmungsgrößen auf ein Gleichgewicht des aeroben Stoffwechsels hin (siehe auch Leitlinie „Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft“ des Forums Arbeitsphysiologie (www.awmf.org)).

6 Konsequenzen für die Praxis

6.1 Arbeitsplatzanalysen und Beurteilung von Gefährdungen

Bei Gefährdungsbeurteilungen sind wegen des Zusammenhanges zwischen Lastenhandhabungen und Zwangshaltungen beide Komponenten der Belastung gemeinsam zu beurteilen. Die Beurteilungsverfahren sind in Abschnitt 5 dargestellt.

6.2 Gestaltung der Arbeit (Verhältnisprävention)

Für die Gestaltung der Arbeit (Arbeitsplätze, Arbeitsmittel, Produkte) existieren Vereinbarungen überwiegend in Ergonomie Normen. Sie zielen auf die Gestaltung neuer Maschinen und Arbeitsplätze und die Anwendung auf die Erwerbsbevölkerung beider Geschlechter. Für die Beurteilung von Belastungen im Arbeits- und Gesundheitsschutz an bestehenden Arbeitsplätzen sind die ISO-Normen vorzuziehen: Harmonisierte CEN-Normen⁴ für den Konstrukteur von Maschinen liefern sehr niedrige Belastungsgrenzen. Die aus Normen abgeleiteten Belastungsgrenzen können für spezielle Fragestellungen und Zielpopulationen auch oberhalb oder unterhalb der Werte für die allgemeine Erwerbsbevölkerung liegen.

Beispielhaft für das Vorgehen bei der Beurteilung für Gestaltungsmaßnahmen können in der BG-Information zur ergonomischen Maschinengestaltung von Werkzeugmaschinen der Metallbearbeitung (BGI 804-2) sowie im BGIA-Report 1/2007 „Heben und Tragen, kniende Tätigkeiten und Zwangshaltungen im Raumausstatterhandwerk“ nachvollzogen werden.

6.3 Verhaltensprävention

Maßnahmen der Verhaltensprävention ergänzen die ergonomischen Maßnahmen der Arbeitsgestaltung, indem sie im Rahmen akzeptabler Arbeitsbedingungen Beschäftigte befähigen, ihre körperliche Belastbarkeit des Muskel-Skelett-Systems und Leistungsfähigkeit der Muskulatur zu erhalten.

Veränderungen des Lebensstils wegen des Mangels an regelmäßigen Alltagsbelastungen, die Bewältigung einseitiger beruflicher Belastungen mit Defiziten der harmonischen Beanspruchung zusammenwirkender Muskelgruppen, aber auch die Erhaltung der Beschäftigungsfähigkeit älterer Arbeitnehmer, die ihre berufliche Entwicklung vorwiegend auf körperlicher Arbeit aufgebaut haben, sind wichtige Anlässe zur Verhaltensprävention. Die Berücksichtigung berufsspezifischer oder –typischer körperlicher Belastungen hinsichtlich Lasten-

⁴ ISO: Die Internationale Organisation für Normung vereinbart Normen mit >150 Ländern der Welt
CEN: Das Europäische Komitee für Normung ist verantwortlich für europäische Normen in technischen Bereichen.

handhabungen und Zwangshaltungen steigert den Effekt der Sekundärprävention und Rehabilitation bei arbeitsbezogenen Muskel-Skelett-Erkrankungen. Sie erfordern Mindestkenntnisse der berufstypischen Belastungen durch Lastenhandhabung und Zwangshaltungen.

6.4 Vorsorge und Eignung von Personen

Betriebsärztliche Vorsorge und Beratung für Beschäftigte mit diesen Belastungen dient der Beurteilung der individuellen Wechselwirkungen von Arbeit und Gesundheit, der Früherkennung arbeitsbedingter Gesundheitsstörungen sowie der Feststellung, ob bei Ausübung einer bestimmten Tätigkeit eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung besteht. Sie trägt bei zur Erhaltung der Erwerbsfähigkeit und zur Eingliederung von Personen mit Rückenerkrankungen⁵.

Auf Grund der Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) wird den Beschäftigten vor Aufnahme einer körperlich erhöht belastenden Tätigkeit sowie im Verlauf des Arbeitslebens eine arbeitsmedizinische Vorsorge angeboten. Diese durch den Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz Nr. 46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen“ ausgefüllte Vorsorge ist gemäß der Gefährdungsbeurteilung bei wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen durch

- Lastenhandhabung beim Heben Halten, Tragen, Ziehen oder Schieben von Lasten,
- repetitive manuelle Tätigkeiten oder
- Arbeiten in erzwungenen Körperhaltungen im Knien, in langdauerndem Rumpfbeugen oder -drehen oder in vergleichbaren Zwangshaltungen

vom Arbeitgeber den Beschäftigten anzubieten.

Die Vorsorge hat nicht das Ziel, geeignete Personen für den Umgang mit Lasten oder unter Zwangshaltungen auszuwählen. Fragen der gesundheitlichen Eignung für die Ausführung besonders belastender Tätigkeiten auf Grund von Lastenhandhabungen bzw. Zwangshaltungen stellen sich nur, wenn dafür eine rechtliche Grundlage besteht.

6.5 Erhaltung und Wiederherstellung der Erwerbsfähigkeit (Rehabilitation)

Dauerhafte Beschwerden und Behandlungsbedürftigkeit sowie wiederholte Arbeitsunfähigkeiten können Einschränkungen der Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit besonders gegenüber Lastenhandhabungen oder Arbeiten in Zwangshaltungen signalisieren, die zur Gefährdung der Erwerbsfähigkeit führen können.

Spezielle Assessmentverfahren der medizinischen Diagnostik berücksichtigen die Bewältigung von Belastungen durch Lastenhandhabungen und Zwangshaltungen des Rückens. Sie bestimmen die dafür erforderlichen Leistungsvoraussetzungen nach komplexen Konzepten (EFL – Isernhagen 1988, IMBA). Sie sind wegen ihres hohen Aufwandes besonderen Fragestellungen der Abklärung von Problemfällen vorbehalten.

Im Regelfall muss beim Ausschluss schwerwiegender primärer Muskel-Skelett-Erkrankungen die Belastbarkeit beurteilt werden. Es ist zu beachten, dass u.a.

- Schädigungen der Strukturen schmerzhaft Folgen haben können, die sich sowohl auf die Lastenhandhabung als auch auf die Arbeit in Zwangshaltungen auswirken können,
- schmerzhaft Funktionsstörungen durch Zwangshaltungen auch die Bewältigung von Lastenhandhabungen einschränken.

Darüber hinaus können psychomentele Belastungen zu beachten sein, wenn diese einen besonders starken Einfluss besitzen und die Erreichbarkeit des vorgegebenen Ziels der Arbeit z.B. durch Zeitdruck und hohe Arbeitsnormen in Frage stellen („Stress“).

Literatur

AWMF-Leitlinien-Register Nr. 002/014. Leitlinie „Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und der Arbeitswissenschaft“ des Forums Arbeitsphysiologie (zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Leitlinie in Überarbeitung, siehe www.awmf.org).

AWMF-Leitlinien-Register Nr. 002/016: Leitlinie „Oberflächen-Elektromyographie in der Arbeitsmedizin, Arbeitsphysiologie und Arbeitswissenschaft“ (www.awmf.org/leitlinien/detail/II/002-016.html)

Belastungs-Dokumentations-System (BDS). In: Toolbox Version 1.2 - Instrumente zur Erfassung psychischer Belastungen, G. Richter, Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden, ISBN 978-3-88261-103-8, 2010, S. 51-52 (URL: www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F1965.pdf)

Bernard BP (Eds.) (1997): Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. U.S Department of Health and Human Services. Public Health Services. Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati.

BGI/GUV-I 5048-2 Information Ergonomische Maschinengestaltung von Werkzeugmaschinen der Metallbearbeitung. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Berlin. 2010. <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-5048-2.pdf>

BGI/GUV-I 7011: Belastungen für Rücken und Gelenke – was geht mich das an? Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Berlin. 2013

Bogduk N (2000): Klinische Anatomie von Lendenwirbelsäule und Sakrum. Rehabilitation und Prävention 57. Berlin. Springer.

Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Geiß O, Grifka, J, Haerting, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Nübling M, Petereit-Haack G, Schumann B, Seidler A (2007): Forschungsvorhaben "Epidemiologische Fall-Kontroll-Studie zur Untersuchung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen bei der Berufskrankheit 2108" (Deutsche Wirbelsäulenstudie). Gefördert vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Abschlussbericht. Wiesbaden.

Borg G (2004): Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. Deutsches Ärzteblatt 101, A-1016 – 1021.

Colombini D, Occipinti E, Grieco A (2002): Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and Exertions of Upper Limbs. Elsevier Ergonomics Book Series – Volume 2. Amsterdam Elsevier 2002.

DIN EN ISO 14738: Ausgabe 2009-07: Sicherheit von Maschinen – Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen.

DIN 33402-2: Ausgabe 2005-12. Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte

DIN 33402-3: Ausgabe 1984-10. Körpermaße des Menschen: Bewegungsraum bei verschiedenen Grundstellungen und Bewegungen.

DIN 33411-5: Körperkräfte des Menschen. Teil 5: Maximale statische Aktionskräfte, (1999).

DIN EN 1005-1, Ausgabe:2002-02: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 1: Begriffe; Deutsche Fassung EN 1005-1:2001+A1:2008

DIN EN 1005-2, Ausgabe: 2003-09: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen; Deutsche Fassung EN 1005-2:2003+A1:2008

DIN EN 1005-3, Ausgabe: 2002-05: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung; Deutsche Fassung EN 1005-3:2002+A1:2008

DIN EN 1005-4, Ausgabe: 2005-08: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen; Deutsche Fassung EN 1005-4:2005+A1:2008

DIN EN 1005-5, Ausgabe: 2007-05: Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 5: Risikobeurteilung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen; Deutsche Fassung EN 1005-5:2007

DIN EN 614-1, Ausgabe:2006-07: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze; Deutsche Fassung EN 614-1:2006

DIN EN 614-2, Ausgabe: 2000-10: Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben; Deutsche Fassung EN 614-2:2000+A1:2008

Dolfen P, Klußmann A (2012): Ergonomische Gestaltung von Arbeitssystemen mit physischen Belastungen als Beitrag zur Fachkräftesicherung. In: VDBW aktuell, Ausgabe III / 2012, ISSN 1862-0558, Verband Deutscher Betriebs- und Werksärzte e.V., Karlsruhe, 2012, S. 12-13

Ellegast RP, Hermanns I (2006a): Einsatz des Messsystems CUELA zur Erfassung und Bewertung physischer Arbeitsbelastungen Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz - BGIA, Sankt Augustin. <http://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/ergonomie/pdf/cuela.pdf>

Ellegast RP, Hermanns I, Hamburger R, Post M, Glitsch U, Ditchen D, Hoehne-Hückstädt U (2006b): Langzeiterfassung und -analyse von physischen Arbeitsbelastungen mit dem CUELA-Messsystem. In: Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen. S. 509-523. Hrsg.: Grieshaber, R.; Stadeler, M.; Scholle, H.-C. Verlag Bussert & Stadeler, Jena 2006.

Frauendorf H, Kobryn U, Gelbrich W (1990): Blutdruck- und Herzschlagfrequenzverhalten bei fünf verschiedenen Formen dynamischer Muskelarbeit. Z Arbeitswiss. 44: 214-216

Freitag S, Fincke-Junod I, Seddouki R et al. (2012): Frequent bending—an underestimated burden in nursing professions. Ann Occup Hyg; 56: 697–707.

G 46 Belastungen des Muskel-Skelett-Systems. Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für die arbeitsmedizinische Vorsorge. DGUV-Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen. 5. Auflage (2010) Stuttgart. Gentner.

Glitsch U, Ottersbach HJ, Ellegast R, Hermanns I, Feldges, W, Schaub Kh, Berg K, Winter G, Sawatzki K, Voß J, Göllner R, Jäger M, Franz G (2004): Untersuchung der Belastung von Flugbegleitern beim Schieben und Ziehen von Trolleys in Flugzeugen. BIA-Report 5/2004, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin.

Glitsch U, Ottersbach H-J, Ellegast R, Sawatzki K, Voß J, Luttmann A, Jäger M, Rehme G (2007): Belastung der Lendenwirbelsäule bei Schaufeltätigkeiten. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), Sankt Augustin.

Hartmann B, Ellegast R, Schäfer K, Hecker C, Steinberg U, Ponto K, Jäger M, Meixner T, Neugebauer G (2007): Eine Checkliste zur Prüfung des Angebots arbeitsmedizinischer Vorsorge bei körperlichen Belastungen des Muskel-Skelett-Systems. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 42: 499 – 507.

Hoehne-Hückstädt, U, Ellegast R, Luckau, M (2007): Heben und Tragen, kniende Tätigkeiten und Zwangshaltungen im Raumausstatterhandwerk. Handlungsanleitung zur Vermeidung von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren für das Muskel-Skelett-System. BGIA-Report 1/2007. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Berlin.
<http://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/rep/pdf/rep07/biar0107/biar0107.pdf>

Hoogendorn E, van Poppel M, Bongers P, Koes B, Bouter L (1999): Physical load during work and leisure time as risk factors for back pain. *Scand J Work Environ Health* 25: 387 - 403.

IMBA: Das Instrument für Fachkräfte der beruflichen Rehabilitation und Integration. Einführung. www.imba.de. IMBA-Team 2000.

Isernhagen SJ (1988): Functional capacity evaluation. In: Isernhagen SJ (ed) *Work injury: Management and prevention*. Aspen Publishers, Gaithersburg, 139 – 174.

ISO 11226, Ausgabe: 2000-12: Ergonomics - Evaluation of static working postures.

ISO 11228-1, Ausgabe: 2003-05: Ergonomics - Manual handling - Part 1: Lifting and carrying.

ISO 11228-2, Ausgabe: 2007-04: Ergonomics - Manual handling - Part 2: Pushing and pulling.

ISO 11228-3, Ausgabe: 2007-04: Ergonomics - Manual handling - Part 3: Handling of low loads at high frequencies.

ISO/TR 12296, Ausgabe 2012-06: Ergonomics – Manual handling of people in the healthcare sector.

Jäger M (2001): Belastung und Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule im Berufsalltag - ein interdisziplinärer Ansatz für eine ergonomische Arbeitsgestaltung. *Fortschritt-Berichte VDI*, Reihe 17, Nr. 208. VDI-Verlag, Düsseldorf

Jäger M, Jordan C, Luttmann A, Dettmer U, Bongwald O, Laurig W (1998): Dortmund Lumbalbelastungsstudie - Ermittlung der Belastung der Wirbelsäule bei ausgewählten beruflichen Tätigkeiten. Sankt Augustin. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

Jäger M, Luttmann A, Bolm-Audorff U, Schäfer K, Hartung E, Kuhn S, Paul R, Francks HP (1999): Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) zur Beurteilung der Belastung der Lendenwirbelsäule durch Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung bei Verdacht auf Berufskrankheit Nr. 2108. Teil 1: Retrospektive Belastungsermittlung für risikobehaftete Tätigkeitsfelder. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 34: 101 - 111.

Jäger M, Luttmann A, Göllner R, Laurig W (2000): Der Dortmunder - Biomechanische Modellbildung zur Bestimmung und Beurteilung der Belastung der Lendenwirbelsäule bei Lastenhandhabungen. In: S. Radandt, R. Grieshaber, W. Schneider (Hrsg.): *Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen*, S. 105-124. Monade-Verlag, Leipzig.

Jäger M, Luttmann A, Göllner R (2001): Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule beim Handhaben von Lasten - Ableitung der „Dortmunder Richtwerte“ auf Basis der lumbalen Kompressionsfestigkeit. *Zbl. Arbeitsmed*. 51: 354-372.

Jäger M, Sawatzki K, Glitsch U, Ellegast R, Ottersbach HJ, Schaub Kh, Franz G, Luttmann A (2007): Load on the lumbar spine of flight attendants during pushing and pulling trolleys aboard aircraft. *Int J Indust Ergon* 37:863-876.

Jäger M, Jordan C, Theilmeier A, Wortmann N, Kuhn S, Nienhaus A, Luttmann A (2013): Lumbar-load analysis of manual patient-handling activities for biomechanical overload prevention among healthcare workers. *Ann Occup Hyg*. 2013, 57(4):528-44.

Karhu O, Harkonen R, Sorvali P, Vepsainen P (1981): Observing working postures in industry: examples of OWAS application. *Applied Ergonomics* 11: 11 – 13.

Kinderarbeitsschutzverordnung vom 23. Juni 1998 (BGBl. I S. 1508).

Klußmann A, Serafin P, Schäfer A, Keuchel M, Neumann B, Lang KH (2013): *Betätigungsverhältnisse an Landmaschinen. Analyse und Messung von Handbetätigungskräften und abgeleitete Empfehlungen.* Kommission Arbeitsschutz und Normung (Hrsg.) ISBN 978-3-9816319-0-6 2013..

Klußmann A, Mühlemeyer C, Lang KH, Dolfen P, Wendt KD, Gebhardt H, Neumann B, Schäfer A: *Praxisbewährte Methoden zur Bewertung und Gestaltung physischer Arbeitsbelastungen. Leistung und Lohn – Zeitschrift für Arbeitswirtschaft.* BDA – Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (Hrsg.), Berlin, Heider-Verlag, Bergisch Gladbach, 2013.

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

Lastenhandhabungsverordnung: (Verordnung zur Umsetzung von EG-Einzelrichtlinien zur EG-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz. vom 4. Dezember 1996. Artikel 2: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit (Lastenhandhabungsverordnung - LasthandhabV).

Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Heben und Tragen. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Internet: www.baua.de/nr_5846/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Heben-Halten-Tragen-2.pdf.

Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Ziehen, Schieben. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Internet: www.baua.de/nr_5846/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Ziehen-Schieben-2.pdf.

Luttmann A, Jäger M, Laurig W (2001): Untersuchung von Muskelbeanspruchung und -ermüdung mit Hilfe der Oberflächen-Elektromyographie. Teil 2: Anwendung in arbeitsphysiologischen Feldstudien. *Zbl. Arbeitsmed.* 51: 443-461

Mital A, Nicholson AS, Ayoub MM (1997): *A Guide to Manual Materials Handling.* Taylor & Francis, Londo

Mutterschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. Juni 2002(BGBl. I S.2318, geändert durch Artikel 2 Abs. 10 des Gesetzes vom 5. Dezember 2006 (BGBl. I S.2748).

Slesina W: Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Belastungen am Arbeitsplatz. www.rueckenkompass.de/download_files/doc/Fragen-Slesina.pdf

Nachemson A, Morris JM (1964): In vivo measurements of intradiscal pressure. *J. Joint Bone Surgery* 46A, 1077-1092.

Nordischer Fragebogen: <http://www.rueckenkompass.de/methoden>.

Panjabi MM (1992): The stabilizing system of the spine: Part I. Function, dysfunction and enhancement. *Journal of Spinal Disorders* 5: 383 – 389.

Peters, H. (1986): *Verfahren zur Beurteilung arbeitsbedingter Belastungen BAB.* IfaA-Schrift-Nr. 62, Köln, 1986, S. 64-78.

RULA-Verfahren. In: BGIA-Report 2/2007 "Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität". www.hvbg.de → WebCode 2692034

Schaub K, Ahmadi K (2007): Vom AAWS zum EAWS – ein erweitertes Screening-Verfahren für körperliche Belastungen. In: *GfA-Jahresdokumentation 2007 der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hg.), Bericht zum 53. Arbeitswissenschaftlichen Kongress an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 28.2. – 2.3. 2007, Dortmund.*

Schaub K, Caragnano G, Britzke B, Bruder R (2012): The European Assembly Worksheet. [Online-Edition: www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1463922] In: Theoretical Issues in Ergonomics Science pp. 1-23. ISSN 146-536X (2012).

Schaub K (2002): Evaluation of physical workload by means of IAD-BkA. ORP 2002, 2nd International Conference on Occupational Risk Prevention, 20 – 22 Februar 2002, Gran Canaria Island, CD-Rom, 14 p.

Schaub K, Storz W, Landau K (2001): Nachhaltige Risikobeurteilung von Montageprozessen in der Automobilindustrie. In: Landau, K. und Luczak H.(Hg.): Ergonomie und Organisation in der Montage. Hanser Verlag, München, S.148 – 177.

Schaub K, Britzke B, Sanzenbacher G, Jasker K, Landau K (2004): Ergonomische Risikoanalysen mit MTM – Ergo. In: Landau, K. (Hg.): Montageprozesse gestalten: Fallbeispiele aus Ergonomie und Organisation. S. 175 – 199. Stuttgart, ergonomia Verlag.

Seidler A, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Ditchen D, Ellegast R, Euler U, Haerting J, Haufe E, Jähnichen S, Jordan C, Kersten N, Kuss O, Lundershausen N, Luttmann A, Morfeld P, Petereit-Haack G, Schäfer K, Voß J, Jäger M (2012): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben: Erweiterte Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie mit dem Ziel der Ableitung geeigneter Richtwerte. DGUV. Berlin. www.dguv.de/Projektdatenbank/ff-fb0155a/ff-fb0155a.pdf.

Slesina W (1987): Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Belastungen am Arbeitsplatz (FEBA). In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg): Instrumente zur Erfassung psychischer Belastungen. www.rueckenkompass.de/cd/doc/Fragen-Slesina.pdf

Spitzer H, Hettinger Th, Kaminsky G (1981): Tafel für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit. 6. Auflage, Beuth Verlag GmbH, Berlin.

Steinberg U, Behrendt S, Caffier G, Schultz K, Jakob M (2007): Leitmerkalmethode Manuelle Arbeitsprozesse. Erarbeitung und Anwendungserprobung einer Handlungshilfe zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen. 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Steinberg U, Liebers F, Klußmann A (2013): Manuelle Arbeit ohne Schaden. Überarbeitete Fassung 2013. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund Berlin Dresden.

Strasser, H. (Hrsg. 1996): Beanspruchungsgerechte Planung und Gestaltung manueller Tätigkeiten - Elektromyographie im Dienst der menschengerechten Arbeitsgestaltung. ecomed. Landsberg/Lech.

Strasser, H. (Ed. - 2007): Assessment of the Ergonomic Quality of Hand-Held Tools and Computer Input Devices. 281 pp., 192 color figures, 40 tables, 420 references. IOS-Press, Amsterdam, Berlin, Oxford, Tokyo, Washington DC.

Tichauer E (1978): The biomechanical basis of ergonomics. Wiley, New York

Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) vom 18.12.2008 (BGBl. I, S. 2768), zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 23.10.2013 (BGBl. I, S. 3882) mWv 31.10.2013

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

Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE (1999): Neue intradiskale Druckmessungen bei Alltagsbelastungen. Der Unfallchirurg 271: 16 - 24

Erstmals erarbeitet im Juni 2008 von Bernd Hartmann (Hamburg), Rolf Ellegast (St. Augustin), Matthias Jäger (Dortmund), Alwin Luttmann (Dortmund), Eberhard A. Pfister (Magdeburg), Falk Liebers (Berlin), Ulf Steinberg (Berlin), Karlheinz Schaub (Darmstadt), Heiko Kusserow (Köln), Ingo Bradl (Erfurt), Hans-Christian Scholle (Jena), Hansjürgen Gebhardt (Wuppertal)

Letztmalig aktualisiert von Bernd Hartmann (Hamburg), Dirk Ditchen (St. Augustin), Rolf Ellegast (St. Augustin), Hansjürgen Gebhardt (Wuppertal), Ulrike Hoehne-Hückstädt (St. Augustin), Matthias Jäger (Dortmund), Andre Klusmann (Wuppertal), Falk Liebers (Berlin), Alwin Luttmann (Dortmund), Eberhard Pfister (Magdeburg), Karlheinz Schaub (Darmstadt), Hans-Christoph Scholle (Jena), Ulf Steinberg (Berlin) im November 2013

Bestätigt vom Forum Arbeitsphysiologie der DGAUM und der GfA am 08.11.2013

Genehmigt vom Vorstand der DGAUM am 22.11.2013

Erstellungsdatum: 06/2008

Überarbeitung von: 11/2013

Nächste Überprüfung geplant: 11/2018

Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

© Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online