

Die DWS-Richtwertestudie – Erweiterte Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie zum Dosis-Wirkung-Zusammenhang zwischen physischen Belastungen und Bandscheibenerkrankungen

Matthias JÄGER¹, Annekatriin BERGMANN², Ulrich BOLM-AUDORFF³,
Dirk DITCHEN⁴, Rolf ELLEGAST⁴, Peter MORFELD⁵, Klaus SCHÄFER⁶,
Andreas SEIDLER⁷

¹ *IfADo – Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund,
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund*

² *Institut für medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik,
Universität Halle/Wittenberg, Magdeburger Straße 27, D-06097 Halle/Saale*

³ *Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt, Dezernat Landesgewerbeamt,
Regierungspräsidium Darmstadt, Simone-Veil-Straße 5, D-65197 Wiesbaden*

⁴ *Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),
Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*

⁵ *Institut für Epidemiologie und Risikobewertung in der Arbeitswelt (IERA),
Evonik Services, Rellinghauser Straße 1-11, D-45128 ESSEN*

⁶ *Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution (BGHW),
M 5,7, D-68161 Mannheim*

⁷ *Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin, TU Dresden,
Fetscherstr. 74, D-01307 Dresden*

Kurzfassung: In der als multizentrische populationsbezogene Fall-Kontroll-Studie konzipierten Deutschen Wirbelsäulenstudie DWS wurden für alle 4 Fallgruppen – Männer und Frauen mit Bandscheibenvorfall oder -höhenminderung – erhöhte Risiken bei Dosismodellen gefunden, die Belastungen auch außerhalb der Kriterien des Merkblattes zur BK 2108 einbeziehen. Ziel der darauffolgenden DWS-Richtwertestudie war die Ableitung wissenschaftlich gestützter Richt- bzw. Schwellenwerte zum Dosis-Wirkung-Zusammenhang zwischen physischen Belastungen und Bandscheibenerkrankungen. Kumulative Dosismodelle mit Best-Estimate-Schwellen für Bandscheiben-Druckkraft, Rumpf-Vorneigung, Tages- und Lebensdosis wurden geschlechtsspezifisch definiert.

Schlüsselwörter: Lastenhandhabung, Körperhaltung, Erkrankungen, Lendenwirbelsäule, Dosis-Wirkung-Beziehung, Deutsche Wirbelsäulenstudie

1. Hintergrund und Entwicklung des Mainz-Dortmunder Dosismodells MDD

Berufliche Tätigkeiten mit Lastenhandhabung oder Körperhaltungen mit weiter Rumpf-Vorneigung oder -Verdrehung führen in der Regel zu hohen Belastungen der Lendenwirbelsäule (LWS). Derartige physische Belastungen treten üblicherweise nicht nur vereinzelt bei einigen wenigen Vorgängen oder Situationen auf, sondern häufig auch immer wiederkehrend und zum Teil über lange Zeiten des Berufslebens. In der Folge derartiger kumulativer Langzeitexpositionen können sich „degenerative

Veränderungen“ in Form bandscheibenbedingter Erkrankungen entwickeln, die in der Bundesrepublik Deutschland seit 1993 als Berufskrankheit Nr. 2108 BKV anerkannt werden können (BMA 1992). Darin werden als anerkennungsfähige Belastungsformen das langjährige Heben oder Tragen schwerer Lasten sowie langjährige Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung genannt. Zur Umsetzung der Vorgaben aus der Definition und dem seinerzeitigen Merkblatt zur Untersuchung der BK 2108 (BMA 1993) wurde u.a. das Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) entwickelt, bei dessen Anwendung jeder relevante Hebe- und Tragevorgang sowie Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung durch die damit einhergehende Druckkraft auf die unterste Bandscheibe der Wirbelsäule sowie die jeweilige Einwirkungsdauer bei der Dosisakkumulation berücksichtigt wird (Hartung et al. 1999; Jäger et al. 1999). Auf diese Weise lassen sich verschiedenartige Belastungsformen und -ausprägungen bei Rumpfbeugehaltungen und beim Heben oder Tragen verschieden schwerer Lasten in einem gemeinsamen Maß, der „kumulierten lumbosakralen Bandscheiben-Kompressionskraft“, berücksichtigen und bei Einbeziehung von Vorgangshäufigkeit und -dauer in einer kumulierten Dosis aufsummieren, die als Kenngröße der Schicht- bzw. Lebensexposition aufgefasst werden kann. Aufgrund experimenteller Befunde (z.B. Brinckmann et al. 1988) weist das MDD bei der Berechnung der Tagesdosis als besondere Eigenschaft eine überproportionale Wichtung der Bandscheiben-Druckkraft relativ zur Einwirkungsdauer auf. Nach Vorstellung des MDD ergab sich aufgrund der offenkundig lückenhaften Datenlage insbesondere zur Expositionsschätzung und Erkrankungsdokumentation in der juristischen und arbeitsmedizinischen Literatur eine lebhafte Diskussion (z.B. Becker 2001; Schäfer et al. 2002), die den weiteren Forschungsbedarf zu Dosis-Wirkung-Beziehungen zwischen Lumbalbelastungen durch Lastenhandhabung und ungünstige Körperhaltungen einerseits und der Entwicklung bandscheibenbedingter LWS-Erkrankungen andererseits bestätigte und somit auch zur Initiierung der Deutschen Wirbelsäulenstudie geführt hat (z.B. Bolm-Audorff et al. 2007).

2. Deutsche Wirbelsäulenstudie DWS

Die Deutsche Wirbelsäulenstudie – im Folgenden auch als DWS oder DWS1 bezeichnet – wurde in den Jahren 2002 bis 2007 durchgeführt und war als multizentrische populationsbezogene Fall-Kontroll-Studie mit 915 Fallprobanden mit bandscheibenbedingten Erkrankungen im Sinne der BK 2108 sowie 901 Kontrollprobanden angelegt. Die Fallprobanden wurden vorrangig in Kliniken, aber auch in orthopädischen Praxen in den ausgewählten vier Regionen in Deutschland (Frankfurt am Main, Halle/Saale, Freiburg, Regensburg) rekrutiert und wurden vier Fallgruppen (FG) zugeordnet: 286 männliche und 278 weibliche Personen mit Bandscheibenvorfall („Prolaps“: FG 1 bzw. 2) sowie 145 männliche und 206 weibliche Personen mit Bandscheibenhöhenminderung („Chondrose“: FG 3 bzw. 4), jeweils verbunden mit definierten Funktionseinschränkungen zusätzlich zum Bildbefund. Die Kontrollprobanden wurden als Zufallsstichprobe der Wohnbevölkerung der obengenannten Regionen ausgewählt. Die Ermittlung der beruflichen Exposition erfolgte zunächst in einer durch Laien-Interviewer durchgeführten standardisierten individuellen Befragung mit dem Ziel zu prüfen, ob zuvor definierte Mindestbelastungen durch manuelle Lastenhandhabung, gewissen belastungsintensiven Körperhaltungen oder Ganzkörperschwingungen während des Berufslebens vorgelegen haben. In einem zweiten Schritt wurden dann bei ca. 1.200 Probanden mit vorliegender Mindestexposition –

sowie stichprobenartig auch für weniger belastete Personen – umfassendere semi-standardisierte individuelle Interviews durch Mitarbeiter der Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger durchgeführt, sodass die Exposition so detailliert wie möglich erfasst wurde (Ellegast et al. 2007). Mit Hilfe der nachfolgenden biomechanischen Modellrechnungen für jeden dokumentierten Vorgang einer jeden Person wurde zunächst die situative und, auf Basis von 10 Dosismodellen, die kumulative Wirbelsäulenbelastung für Schicht, Jahr und Berufsleben quantifiziert (Jäger et al. 2007). Dabei wurden neben dem MDD auch Modelle mit niedrigeren Schwellen für Bandscheiben-Druckkraft, Rumpf-Vorneigung und Tagesdosis, mit anderer Druckkraftwichtung sowie mit zusätzlicher Einbeziehung von Lastenhandhabungen wie Ziehen oder Schieben bezüglich der Anpassungsgüte des zu prüfenden Dosis-Wirkung-Zusammenhangs verwendet.

Die Deutsche Wirbelsäulenstudie ergab für beide Krankheitsbilder und für beide Geschlechter positive Dosis-Wirkung-Beziehungen und gibt somit den Nachweis erhöhter Risiken für Wirbelsäulenerkrankungen im Vergleich zur Kontrollgruppe bzw. – verallgemeinert – zur „Allgemeinbevölkerung“; dabei gehörte das MDD bei allen vier Fallgruppen nicht zu den bestanpassenden Dosismodellen zur quantitativen Beschreibung der Dosis-Wirkung-Beziehung. Dosismodelle mit der höchsten Anpassungsgüte wiesen niedrigere Schwellenwerte für Bandscheiben-Druckkraft, Rumpf-Vorneigung und/oder Tagesdosis auf, und zudem waren Lastenhandhabungen nicht auf Heben und Tragen beschränkt. Die Auswertungen der DWS deuten somit auf ein biomechanisches lumbales Überlastungsrisiko auch für Expositionen hin, die unterhalb bzw. außerhalb der im Merkblatt zur BK 2108 genannten Kriterien bzw. den Richtwerten des daraus abgeleiteten MDD liegen.

3. Deutsche Wirbelsäulenstudie 2 – DWS-Richtwertestudie

Zielsetzung, Hintergrund und prinzipielle Vorgehensweise einer erweiterten Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie zum Dosis-Wirkung-Zusammenhang zwischen physischen Belastungen und Bandscheibenerkrankungen ist in Abbildung 1 skizziert; diese Reanalyse erfolgte in der Deutschen Wirbelsäulenstudie 2, auch als DWS-Richtwertestudie oder DWS2 bezeichnet (Seidler et al. 2013).

Der paarweise Vergleich der 10 Dosismodelle der DWS zeigt, dass sich die Modelle zumeist in mehr als einer der fünf Eigenschaften (Schwellen zu Druckkraft / Rumpf-Vorneigung / Tagesdosis; Handhabungsart; Kraftwichtung) unterscheiden; somit kann eine bessere oder schlechtere Anpassungsgüte nicht auf einen einzigen Einfluss zurückgeführt werden. In der DWS2 sollten daher die betreffenden Modelleigenschaften getrennt voneinander variiert werden, um die optimale Ausprägung einer Eigenschaft identifizieren und durch deren Kombination wissenschaftsbasierte und angemessene(re) Richtwerte für die Prüfung der arbeitstechnischen Voraussetzungen in Feststellungsverfahren zur BK 2108 ableiten zu können. Dabei sollte für alle Fallgruppen die „Verdoppelungsdosis“, d.h. die Lebensdosis mit einem Relativen Risiko (RR) von 2 bezogen auf die Kontrollgruppe abgeleitet werden (Morfeld et al. 2014). In einem gesonderten Projektteil (Ditchen et al. 2014), auf den hier nicht näher eingegangen wird, sollten die in der DWS erhobenen Bandscheibendruckkräfte für verschiedene Lastenhandhabungen dazu genutzt werden, analog zu den „Schätzgleichungen des MDD“ (Hartung et al. 1999) umfassendere Bestimmungsgleichungen für Bandscheibendruckkräfte ohne detaillierte biomechanische Modellrechnungen zu entwickeln.

Während die Zusammenhangsanalysen in der DWS auf Basis von klassierten Lebensdosiswerten durchgeführt wurden, sollten die Auswertungen der DWS2 – ungeachtet vielfältiger Diskussionen um die Vor- und Nachteile der jeweiligen Verfahrensweise – „mit kontinuierlichen Variablen“ erfolgen, d.h. es sollten stetige Funktionen zur Beschreibung des Dosis-Wirkung-Zusammenhangs verwendet werden. Als weiterer zu Projektbeginn zu klärender Aspekt sollte die Wichtung der Bandscheiben-Druckkraft hinterfragt werden, da in der DWS1 für eine Fallgruppe ein linearer Ansatz und für drei Fallgruppen ein quadratischer Ansatz das jeweilig bestanpassende Dosismodell darstellte. Beim Auswertungsprinzip der DWS2 auf Basis kontinuierlicher Daten war die Anpassungsgüte für alle Fallgruppen bei quadratischer Druckkraftwichtung höher oder in Sonderfällen zumindest nicht schlechter als bei linearer Kraftwichtung, umgekehrt ließ sich bei keiner Konstellation eine höhere Anpassungsgüte bei linearer Wichtung finden. Daher wurden die nachfolgenden Auswertungen der DWS2 mit quadratischer Kraftwichtung durchgeführt.

Als weitere Vorbedingung der DWS2 wurde in einer Sensitivitätsanalyse geprüft, ob bei der Dosiskumulation wie im MDD und in der DWS alle Belastungen ab der jeweiligen Schwelle „mit vollem Wert“ einbezogen werden sollten oder „lediglich“ mit Druckkraftanteilen oberhalb der Schwelle – da nur dieser „Schwellwert-Überschuss“ risikobehaftet sei – bzw. oberhalb der „Grundbelastung“ beim aufrechten Stehen ohne Last – da auch in Zeiten ohne dosisrelevante Belastung eine Grundbelastung vorliegt. Da die auf Anteilen basierenden Ansätze keine verbesserte Anpassungsgüte im Vergleich zum üblicherweise verwendeten „Vollwert-Ansatz“ lieferten, wurde letzterer für die nachfolgenden Auswertungen der DWS2 beibehalten.

Nach Klärung der genannten Vorbedingungen zu Auswertungen auf Basis kontinuierlicher Dosiswerte, zur überproportionalen Kraft-zu-Zeit-Wichtung und zur Vollwert-Berücksichtigung der Bandscheiben-Druckkraft bei der Dosiskumulierung wurde zunächst ein Grundmodell mit „mittleren“ Ausprägungen der Eigenschaften definiert, auf dessen Basis die Merkmale in 5 Modellgruppen separat variiert wurden:

- Tagesdosisschwelle von 0 bis 10 kNh,
- Druckkraftschwelle bei Lastenhandhabungen von 2 bis 12 kN,
- Rumpf-Vorneigungsschwelle bei Körperhaltungen ohne Lasten von 20 bis 90°,
- optionales Einbeziehen von Hebe-Trage-komplementären Lastenhandhabungen,
- Vergleich von Grundmodell mit „BSG-Modell“ für Männer (BSG 2007).

Insgesamt wurden 30 verschiedene kumulative Dosismodelle definiert, für die – jeweils getrennt für die vier Fallgruppen – kontinuierliche Risikoverläufe zum "odds ratio" über der je nach Dosismodell spezifischen Lebensdosis („OR-Kurven“) auf Basis von fraktionalen Polynomen 2. und 4. Grades berechnet und die korrespondierenden Anpassungsgüten bestimmt wurden (Seidler et al. 2013; Morfeld et al. 2014). In der Folge wurden zwei „Multi-Modell-Analysen“ durchgeführt: In der 1. Multi-Modell-Analyse wurden die Schwellenwerte zur Druckkraft, Rumpf-Vorneigung und Tagesdosis der best- und statistisch gleich gut anpassenden Modelle gewichtet gemittelt – um den Informationsgehalt güteentsprechend zu berücksichtigen; die aus der Mittelung resultierenden Schwellenwerte wurden in neuen, die Merkmale mit hoher Anpassungsgüte kombinierenden Dosismodellen zusammengeführt („Kombinationsmodelle“). In der 2. Multi-Modell-Analyse wurden die OR-Kurven aller bestanpassenden Dosismodelle informationsgewichtet gemittelt; dazu war es zunächst erforderlich, einen einheitlichen „Abbildungsmaßstab auf der Abszisse“ zu definieren, da wie oben erwähnt je nach Dosismodell unterschiedliche Lebensdosiswerte und somit verschiedene Maßstäbe auf der x-Achse resultieren.

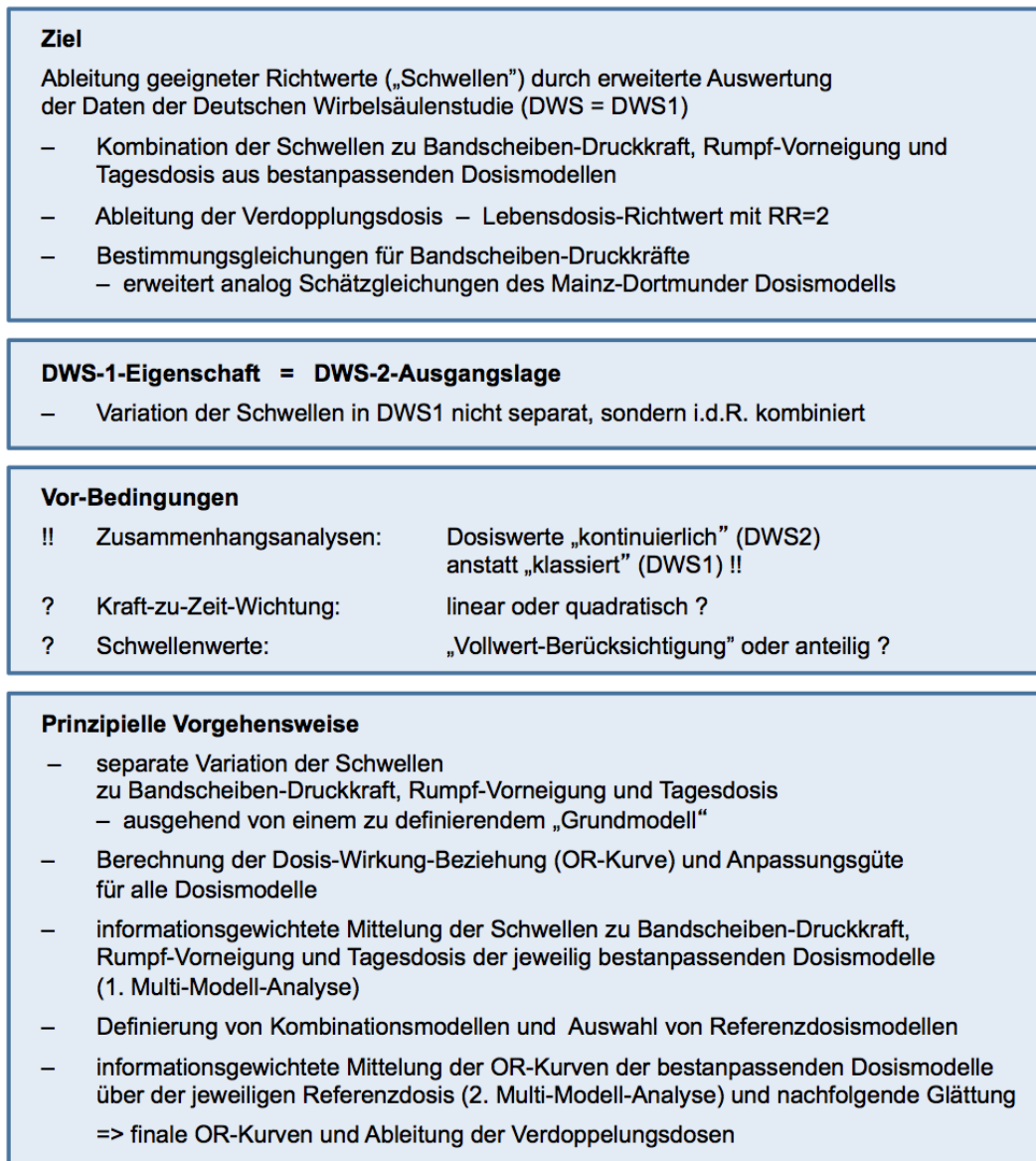


Abbildung 1: Ziel und Teilziele der DWS-Richtwertestudie (DWS2) – Übersicht zur Ausgangslage und zu Vorbedingungen der DWS2 aufgrund der Eigenschaften und Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS = DWS1) sowie Skizzierung der prinzipiellen Vorgehensweise in der DWS-Richtwertestudie; zu Abkürzungen siehe Text.

Als einheitlicher Abbildungsmaßstab wurden die Dosiswerte der Kombinationsmodelle, die somit die „Referenzdosis“ bilden, gewählt. Im Ergebnis lassen sich, nach Glättung der Mittelungskurven, „finale Risikokurven“ mit korrespondierenden Konfidenzintervallkurven ableiten, die die Grundlage zur Abschätzung der Lebensdosis bei Risikoverdopplung bildeten.

4. Zusammenfassende Schlussfolgerungen

In vorgeschalteten Sensitivitätsanalysen wurde sowohl das bisher verwendete Konzept einer überproportionalen, quadratischen Wichtung der Bandscheiben-Druckkraft relativ zur Vorgangsdauer bestätigt als auch das Prinzip, dass die Druckkraft bei relevanten Vorgängen mit dem „vollen“ Wert anstatt anteilig bei der

Dosiskumulierung berücksichtigt wird: Jeweils wurden höhere Anpassungsgüten den als bei entsprechenden Alternativmodellen gefunden. Die Prüfung zahlreicher kumulativer Dosismodelle mit separater Variation der Modelleigenschaften – jeweils mit Berücksichtigung aller Formen von Lastenhandhabungen – ergab auf Basis von Multi-Modell-Analysen als "Best Estimate" folgende Schwellenwerte für Männer / Frauen: Bandscheiben-Druckkraft bei Lastenhandhabung 3,2 / 2,5 kN, Rumpfvorneigung bei Körperhaltungen ohne Lastenhandhabung einheitlich 45°, Tagesdosis 2,0 / 0,5 kNh und Lebensdosis mit Risikoverdoppelung ca. 7 / ca. 3 MNh. Bei der Interpretation dieser Best-Estimate-Schwellen sind statistische Unsicherheiten zu berücksichtigen.

5. Literatur

- Becker P (2001) Die arbeitstechnische Voraussetzung bei der Wirbelsäulen-BK Nummer 2108. Die Sozialgerichtsbarkeit 48:488-498.
- BMA, Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (1992) Zweite Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung. Bundesgesetzblatt I, Nr. 59, 2343-2344.
- BMA, Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (1993) Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2108. Bundesarbeitsblatt 3:50-53.
- Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D *et al* (2007) Epidemiologische Fall-Kontroll-Studie zur Untersuchung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen bei der Berufskrankheit 2108 (Deutsche Wirbelsäulenstudie). Sankt Augustin: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg).
- Brinckmann P, Biggemann M, Hilweg D (1988) Fatigue fracture of human lumbar vertebrae. Clin Biomech 3, Suppl. 1.
- BSG, Bundessozialgericht (2007) AZ.: B 2 U 4/06 R, Urteil vom 30.10.2007.
- Ditchen D, Lundershausen N, Bergmann A *et al* (2014) Abschätzung von lumbalen Bandscheibendruckkräften in BK-2108-Verfahren – Entwicklung eines Instruments innerhalb der DWS-Richtwertestudie. Zbl Arbeitsmed 64:258–269.
- Ellegast R, Ditchen D, Bergmann A *et al* (2007) Erhebungen zur beruflichen Wirbelsäulenexposition durch die Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger im Rahmen der Deutschen Wirbelsäulenstudie. Zbl Arbeitsmed 57:251-263.
- Hartung E, Schäfer K, Jäger M *et al* (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: Vorschlag zur Beurteilung der arbeitstechnischen Voraussetzungen im Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 34:112-122.
- Jäger M, Luttmann A, Bolm-Audorff U *et al* (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: Retrospektive Belastungsermittlung für risikobehaftete Tätigkeitsfelder. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 34:101-111.
- Jäger M, Geiß O, Bergmann A *et al* (2007) Biomechanische Analysen zur Belastung der Lendenwirbelsäule innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie. Zbl Arbeitsmed 45:264-276.
- Morfeld P, Ellegast R, Ditchen D *et al* (2014) Ableitung kumulativer Dosismodelle zur Auswertung physischer Belastungen – Methodik der Multi-Modell-Analyse innerhalb der DWS-Richtwertestudie. Zbl Arbeitsmed 64:169–182.
- Schäfer K, Hartung E, Bolm-Audorff U *et al* (2002) Beurteilung der Belastungen durch Heben und Tragen schwerer Lasten im Berufskrankheiten Feststellungsverfahren bei der BK-Nr. 2108: Anmerkungen zu den von Becker vorgeschlagenen Modifikationen zum Mainz-Dortmunder Dosismodell. Die Sozialgerichtsbarkeit 49:202-206.
- Seidler A, Bergmann A, Bolm-Audorf U *et al* (2013) Erweiterte Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie mit dem Ziel der Ableitung geeigneter Richtwerte. Sankt Augustin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung.

Danksagung: Die DWS-Richtwertestudie wurde durch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) e.V., Berlin, gefördert.