

Zentralblatt

für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie



Teil 2

Die Deutsche Wirbelsäulenstudie

Heft **10**
Band **57**
2007

Gesundheitsmanagement als betrieblicher Wertschöpfungsfaktor

In allen Wirtschaftsbereichen ist die „Ressource Mensch“ trotz technischem Fortschritt der Schlüsselfaktor für eine erfolgreiche Unternehmensführung. Der Erhalt und die Förderung von Gesundheit, Qualifikation und Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter tragen wesentlich zu einer höheren Produktivität, besseren Produkten und Dienstleistungen bei – und damit letztlich zu einem verbesserten Unternehmensergebnis. In diesem Sinne wird das Thema Gesundheit zunehmend als wichtiger Wettbewerbsfaktor erkannt und als Beitrag zur betrieblichen Wertschöpfung verstanden.

Der ganzheitlich-systemische Ansatz von proDOctivity betrachtet dabei sowohl die ökonomischen Prozesse (Controlling), also auch die arbeitswissenschaftliche und arbeitsmedizinische Analyse der Arbeits- und Organisationssysteme. Im Rahmen des Seminars werden branchenübergreifende, einfache und unmittelbare Modelllösungen vorgestellt. Zusätzlich werden in Workshops Ansätze und Gestaltungsmöglichkeiten für die eigene Arbeit im Betrieb erarbeitet.

Was?

- Demografische Entwicklungen, Veränderung der sozialen Sicherungssysteme, stetig ansteigende Anforderungen an Unternehmen und Mitarbeiter
- Grundlage und Maßnahmen des Betrieblichen Gesundheitsmanagements
- Bewertung von Strategie, Struktur, Kommunikation und Leistungsangebot des Betrieblichen Gesundheitsmanagements
- Planung des Betrieblichen Gesundheitsmanagements und erfolgreiche Implementierung in das Unternehmen
- Verknüpfung mit Kennzahlen und Ausformulierung des Betrieblichen Gesundheitsmanagements als Teil des Unternehmensziels
- Praktische Vorschläge und Anregungen konkreter Maßnahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagements
- Fachvortrag und Workshop-Arbeit
- körperorientierte Übungen, die die positiven Auswirkungen aktiver Gesundheitsförderung in der Praxis erfahrbar machen
- Austausch mit unseren Referenten
- Austausch mit den anderen Teilnehmern über eigene Erfahrungen mit dem betrieblichen Gesundheitsmanagement

Wer?

- Herr Prof. Dr. Günther Ebert, Gründer Institut für Controlling Prof. Dr. Ebert GmbH, Nürtingen
- Frau Charlotte Sust, Dipl.-Päd., Dipl.-Psych., Schwerpunkt Arbeits- und Organisationspsychologie, Geschäftsführerin ABoVe Arbeitswissenschaft Büroorganisation Veränderungsmanagement GmbH, Wettenberg.
- Frau Silke Surma, Dipl.-Psych., Schwerpunkt Gesundheitspsychologie, wissenschaftliche Mitarbeiterin Fernuniversität Hagen, Institut für Psychologie, Institut für Arbeits- und Organisationspsychologie
- Andreas Hasenknopf, Sebastian Ranft, Dipl.-Sportwissenschaftler, Geschäftsführer Mobile LeistungsDiagnostik (MLD) GbR, Tegernsee

Für wen?

Führungskräfte und Verantwortliche für Strategie, Prozesse, Strukturen; Leiter Personal (HR), Personalentwickler, Gesundheitsbeauftragte

Wann?

13. November 2007

Wo?

Tagungsort Heidelberg

Wie viel?

€ 495,- inkl. Seminarunterlagen und Verpflegung

Anmeldung

Fax an Frau Martina Langenstück ■ Dr. Curt Haefner-Institut GmbH ■ Fax: +49 (0) 6221 6446-40

Hiermit melde ich mich zum Seminar **Gesundheitsmanagement als betrieblicher Wertschöpfungsfaktor** am 13. November 2007 in Heidelberg an.

Name, Vorname	Telefon dienstlich
Firma	Fax dienstlich
Position, Abteilung	E-Mail
Anschrift	Rechnungsadresse (wenn abweichend von obigen Angaben)
Datum, Unterschrift	

Ihre schriftliche Anmeldung zum Seminar Gesundheitsmanagement als betrieblicher Wertschöpfungsfaktor ist verbindlich. In Form einer Einladung bestätigen wir Ihre Teilnahme und informieren Sie über das genaue Programm. Die im Programm genannten Gebühren von € 495,- beinhalten die Seminarkosten, die Bereitstellung der Seminarunterlagen sowie die Tagesverpflegung.

Sollte ein Seminar aus wichtigem Grund, z.B. Erkrankung des Seminarleiters oder zu geringer Teilnehmerzahl, abgesagt werden, so verpflichtet sich der Veranstalter zur vollen Rückzahlung der Seminargebühr. Weitere Ansprüche können nicht geltend gemacht werden. Änderungen, z.B. Wechsel des Tagungsortes, behält sich der Veranstalter vor.

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an: Frau Martina Langenstück ■ Dr. Curt Haefner-Institut GmbH ■ Dischingerstr. 8 ■ 69123 Heidelberg ■ Tel: +49 (0) 6221 6446-39
■ Fax: +49 (0) 6221 6446-40 ■ m.langenstueck@haefner-institut.de

Zentralblatt

für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie



Die Deutsche Wirbelsäulenstudie

Teil 2

Oktober Nr. 10/2007

October No. 10/2007

Octobre No. 10/2007

A. Seidler, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff

Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch Lastenhandhabungen und lumbalen Prolapserkrankungen – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie
290–303

U. Bolm-Audorff, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, A. Seidler

Zusammenhang zwischen manueller Lastenhandhabung und lumbaler Chondrose – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie
304–316

A. Bergmann, A. Seidler, B. Schumann, S. Fischer, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, B. Hinz, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, J. Haerting

Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition durch Ganzkörpervibration und bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Auswertungen innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie
317–327

G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, B. Schumann, A. Seidler

Zusammenhang zwischen beruflichen psychosozialen Belastungen und bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie
328–336

A. Seidler, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff

Relationship between the cumulative spinal load due to materials handling and lumbar disc herniation – Results of the German Spine Study
290-303

U. Bolm-Audorff, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, A. Seidler

Relationship between manual materials handling and lumbar chondrosis – Results of the German Spine Study
304–316

A. Bergmann, A. Seidler, B. Schumann, S. Fischer, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, B. Hinz, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, J. Haerting

Association between occupational exposure to whole-body vibration and disc-related diseases of the lumbar spine – Evaluations within the German Spine Study
317-327

G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, B. Schumann, A. Seidler

Association between occupational psychosocial strain and disc diseases of the lumbar spine – Results of the German Spine Study
328–336

A. Seidler, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff

Rapport entre le stress cumulé de la colonne vertébrale dû à la manipulation de charges et le prolapsus lombaire – Résultats de l'étude allemande de la colonne vertébrale
290-303

U. Bolm-Audorff, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, A. Seidler

Rapport entre la manipulation manuelle de charges et la chondrose lombaire – Résultats de l'étude allemande de la colonne vertébrale
304–316

A. Bergmann, A. Seidler, B. Schumann, S. Fischer, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, B. Hinz, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, J. Haerting

Rapport entre l'exposition professionnelle aux vibrations du corps entier et les affections de la colonne vertébrale lombaire d'origine discale – Evaluations au sein de l'étude allemande de la colonne vertébrale
317-327

G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, B. Schumann, A. Seidler

Rapport entre les stress psychosociaux professionnels et les affections discales de la colonne vertébrale lombaire – Résultats de l'étude allemande de la colonne vertébrale
328–336

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Berlin¹ ■ Institut für medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik und Sektion Arbeitsmedizin, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg² ■ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin³ ■ Institut für Arbeitsmedizin, Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main⁴ ■ Orthopädische Universitätsklinik Regensburg, Bad Abbach⁵ ■ Lehrstuhl für Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz, Bergische Universität Wuppertal⁶ ■ Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund⁷ ■ Freiburger Forschungsstelle Arbeits- und Sozialmedizin⁸ ■ Landesgewerbeamt, Wiesbaden⁹

Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch Lastenhandhabungen und lumbalen Prolapserkrankungen – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie*

Andreas Seidler^{1,4}, Annetrin Bergmann², Dirk Ditchen³, Rolf Ellegast³, Gine Elsner⁴, Joachim Grifka⁵, Johannes Haerting², Friedrich Hofmann^{6,8}, Matthias Jäger⁷, Oliver Linhardt⁵, Alwin Luttmann⁷, Martina Michaelis⁸, Gabriela Petereit-Haack⁹, Ulrich Bolm-Audorff⁹

A. Seidler, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff: Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch Lastenhandhabungen und lumbalen Prolapserkrankungen – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57 (2007) 290–303

Schlüsselwörter: Deutsche Wirbelsäulenstudie DWS – manuelle Lastenhandhabung – lumbaler Prolaps – Dosis-Wirkungs-Beziehung – Mainz-Dortmunder Dosismodell

Zusammenfassung: Ziel der vorliegenden multizentrischen Fall-Kontroll-Studie ist die Untersuchung des Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs zwischen beruflichen Belastungen der Wirbelsäule und der Diagnose einer lumbalen Prolapserkrankung.

286 Männer und 278 Frauen mit lumbaler Prolapserkrankung im Alter zwischen 25 und 70 Jahren wurden in vier Studienregionen (Frankfurt am Main, Freiburg, Halle, Regensburg) prospektiv gewonnen. Bevölkerungsbezogene Kontrollpersonen (453 Männer und 448 Frauen) wurden über die regionalen Einwohnermeldeämter gewonnen. In einem strukturierten computergestützten persönlichen Interview wurde die gesamte Arbeitsanamnese unter Einschluss aller Berufsphasen mit mindestens einem halben Jahr Dauer erhoben. Auf der Grundlage einer zusätzlichen Expertenbefragung durch geschulte Technische Aufsichtspersonen der Unfallversicherungsträger wurde die Belastung der Lendenwirbelsäule in Form der Druckkraft auf die untere Lendenwirbelsäule für Lastenhandhabungsvorgänge und Arbeitssituationen mit Rumpfvorneigungen erhoben. Die kumulative Wirbelsäulenbelastung wurde mit 10 unterschiedlichen Dosismodellen abgeschätzt, die sich hinsichtlich der Druckkraftschwellen, hinsichtlich der Einführung eines schichtbezogenen Dosis-Schwellenwertes und hinsichtlich der Gewichtung der lumbalen Druckkraft gegenüber der Belastungsdauer unterschieden. Die Auswahl der Confounder basierte auf biologischer Plausibilität und auf dem Change-in-estimate-Kriterium¹. Odds Ratios (OR) und 95%-Konfidenzintervalle (CI) wurden durch Hilfe der un konditionalen logistischen Regressionsanalyse getrennt für Männer und Frauen berechnet, adjustiert für Alter, Region, Belastung durch Arbeitslosigkeit als bedeutsamem Lebensereignis (bei Männern) bzw. psychosozialer beruflicher Belastung (bei Frauen). Die Anpassungsgüte der einzelnen Dosismodelle wurde mit dem Akaike-Information-Kriterium bestimmt.

Die vorliegende Fall-Kontroll-Studie zeigt einen statistisch signifikanten positiven Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch berufliche Lastenhandhabungen oder Rumpfbeugehaltungen und der Diagnose einer Prolapserkrankung bei Männern wie bei Frauen. Bei Frauen findet sich eine monotone Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen beruflicher Belastung und der Prolapserkrankung (OR für die höchste Expositions-kategorie = 2,5; 95%-Konfidenzintervall CI 1,6–3,8). Bei Männern findet sich ein Anstieg des Prolapsrisikos mit zunehmender kumulativer Belastung der Wirbelsäule (OR in der zweithöchsten Expositions-kategorie = 3,9; 95%-CI 2,6–6,0), allerdings fällt das Risiko in der höchsten Expositions-kategorie wieder ab (OR = 1,4; 95%-CI 0,6–3,2); dieses Ergebnis könnte sich mit dem Healthy-worker-Effekt erklären. Das Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) gehört nicht zu den am besten anpassenden Dosismodellen zur Beschreibung des Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs; dies ist offensichtlich auf die hohen Schwellenwerte des MDD zurückzuführen. Überproportionale Gewichtung der Belastungshöhe gegenüber der Belastungsdauer führt nicht zu einer Verbesserung der Modellgüte bezüglich des Prolapsrisikos.

Anschrift für die Autoren:

Priv.-Doz. Dr. med. Andreas Seidler, M.P.H.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz u. Arbeitsmedizin ■ Nöldnerstr. 40–42 ■ 10317 Berlin ■ Telefon: ++49+30–51548–4100 ■ Facsimile: ++49+30–51548–4170 ■ eMail: seidler.andreas@baua.bund.de

* Mit finanzieller Unterstützung des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. ausgeführte Forschungsarbeit

Die vorliegende multizentrische Fall-Kontroll-Studie findet einen Zusammenhang zwischen der kumulativen Bandscheibenbelastung und einer lumbalen Prolapskrankung bei Männern und Frauen. Auf der Grundlage der vorliegenden Studie findet sich auch unterhalb der MDD-Schwellenwerte (bezogen auf Druckkraft durch Lastenhandhabungen, Rumpfvorneigewinkel und Tagesdosis) ein erhöhtes Prolapsrisiko.

Relationship between cumulative spinal load due to materials handling and lumbar disc herniation – Results of the German Spine Study

A. Seidler, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff: Relationship between the cumulative spinal load due to materials handling and lumbar disc herniation – Results of the German Spine Study. *Zbl Arbeitsmed* 57 (2007) 290-303

Key words: German Spine Study EPILIFT – manual materials handling – lumbar disc herniation – dose-response relationship – Mainz-Dortmund Dose Model

Summary: The aim of this multi-centre case-control study is to investigate the dose-response relationship between occupational load on the spine and diagnosis of a lumbar disc herniation.

286 male and 278 female patients with lumbar disc herniation between 25 and 70 years of age were prospectively recruited in four study regions (Frankfurt am Main, Freiburg, Halle, Regensburg). Population control subjects (453 males and 448 females) were obtained from the regional population registers. In a structured computer-assisted personal interview, a complete occupational history was elicited, including every occupational period that lasted at least half a year. On the basis of job task-specific supplementary surveys performed by trained technical experts of the accident insurance institutions, the situational spinal load represented by the compression at the lower lumbar spine was assessed for materials handling and working situations with forward bending. The cumulative spinal load was calculated using 10 alternative dose models, varying the minimum exposure limits for disc compression and shift dose as well as the weighting of the lumbar disc compression in relation to the respective duration. Confounder selection was based on biologic plausibility and on the "change-in-estimate criterion". Odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (CI) were calculated separately for men and women using unconditional logistic regression analysis, adjusted for age, region, and unemployment as major life event (in males) and psychosocial strain at work (in females). The Akaike information criterion was used to measure the goodness of fit of the single dose models.

The results of this case-control study reveal a statistically significant positive relationship between cumulative spinal load caused by occupational manual materials handling and

Rapport entre le stress cumulé de la colonne vertébrale dû à la manipulation de charges et le prolapsus lombaire – Résultats de l'étude allemande de la colonne vertébrale

A. Seidler, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff: Rapport entre le stress cumulé de la colonne vertébrale dû à la manipulation de charges et le prolapsus lombaire – résultats de l'étude allemande de la colonne vertébrale. *Zbl Arbeitsmed* 57 (2007) 290-303

Mots clé: Etude allemande de la colonne vertébrale (DWS) – manipulation manuelle de charges – prolapsus lombaire – relation de dose-effet – modèle de dose Mainz-Dortmund.

Résumé: L'objectif de la présente étude cas-témoins multicentrique est d'examiner la relation de dose-effet entre les stress professionnels de la colonne vertébrale et le diagnostic d'un prolapsus lombaire.

286 hommes et 278 femmes entre 25 et 70 ans et atteints d'un prolapsus lombaire ont été recrutés prospectivement dans quatre régions d'étude (Francfort-sur-le-Main, Fribourg, Halle, Ratisbonne). Des sujets témoins prélevés dans la population (453 hommes et 448 femmes) ont été recrutés quant à eux par l'intermédiaire des bureaux régionaux de déclaration de résidence. Dans un interview personnel structuré et assisté par ordinateur, on a recueilli une anamnèse professionnelle complète incluant chaque période professionnelle ayant duré au moins six mois. Sur la base d'une enquête supplémentaire menée à bien par des experts techniques formés des organismes d'assurance accidents, la sollicitation de la colonne vertébrale représentée par la force de compression sur la colonne vertébrale lombaire inférieure a été évaluée pour la manipulation de charges et les situations professionnelles avec une inclinaison vers l'avant du tronc. Le stress cumulé de la colonne vertébrale a été apprécié au moyen de 10 modèles de dose différents qui divergent au point de vue des seuils de la force de compression, de l'introduction d'une valeur seuil de dose par roulement ainsi qu'au point de vue de la pondération de la force de compression lombaire par rapport à la durée respective de la sollicitation. Le choix des confondeurs s'est basé sur la plausibilité biologique et sur le critère change-in-estimate. Des odds ratios (OR) et des intervalles de confiance de 95% (CI) ont été calculés séparément pour les hommes et les femmes à l'aide de l'analyse de régression logistique non conditionnelle, puis ajustés selon l'âge, la région, le stress dû à la perte d'un emploi vécu comme un événement important (chez les hommes) voire le stress professionnel psychosocial (chez les femmes). La qualité d'adaptation de chacun des modèles de dose a été déterminée avec le critère d'information d'Akaike.

La présente étude cas-témoins révèle un rapport positif sta-

¹ Change-in-estimate-Kriterium: Als Confounder wurden lediglich diejenigen Variablen in das finale Modell aufgenommen, die die Odds Ratio für das jeweils betrachtete Dosismodell in mindestens einer Expositions-kategorie um mindestens 10% veränderten.

working postures with forward bending and lumbar disc herniation in men as well as in women. In women, a positive dose-response relationship between occupational exposure and lumbar disc herniation (OR for the highest exposure category=2.5; 95% confidence interval CI 1.6–3.8) was found. In men, prolapse risks increase in line with increasing cumulative spinal load (OR for the second-highest exposure category=3.9; 95%-CI 2.6–6.0), but decrease in the highest exposure category (OR=1.4; 95%-CI 0.6–3.2); the latter result might be explained by healthy worker effect. The Mainz-Dortmund Dose Model (MDD) is not one of the most appropriate dose models for explaining the dose-response relationship, mainly because of the high threshold limits of the MDD. Overproportional weighting of workload intensity in relation to the respective duration does not improve the goodness of fit of the model regarding the risk of disc herniation.

According to this multi-centre case-control study, cumulative load on the intervertebral discs is related to lumbar disc herniation in both men and in women. Based on the study shown here, there is also an increased risk of disc herniation below the MDD thresholds (regarding compression caused by materials handling, forward bending of the trunk and shift dose).

tistischem Zusammenhang zwischen dem kumulierten Stress der LWS und dem Risiko für eine Bandscheibenhernie bei Männern und Frauen. Bei Frauen wurde eine positive Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der beruflichen Exposition und der Bandscheibenhernie (OR für die höchste Expositionskategorie=2,5; 95%-Konfidenzintervall CI 1,6–3,8) festgestellt. Bei Männern steigt das Risiko für Bandscheibenhernien mit zunehmender kumulierter LWS-Last (OR für die zweit-höchste Expositionskategorie=3,9; 95%-KI 2,6–6,0), sinkt aber in der höchsten Expositionskategorie (OR=1,4; 95%-KI 0,6–3,2); dieses Ergebnis lässt sich durch den gesunden Arbeiter-Effekt erklären. Das Mainz-Dortmund-Dosis-Modell (MDD) ist nicht eines der am besten geeigneten Dosis-Modell für die Erklärung der Dosis-Wirkungs-Beziehung, hauptsächlich wegen der hohen Schwellenwerte des MDD. Eine überproportionale Gewichtung der Arbeitsintensität in Relation zur jeweiligen Dauer verbessert die Güte des Modells nicht hinsichtlich des Risikos für Bandscheibenhernien.

La présente étude cas-témoins multicentrique révèle un rapport entre le stress cumulé du disque intervertébral et un prolapsus lombaire chez les hommes et les femmes. Sur la base de la présente étude, on trouve également en-dessous des valeurs seuils du MDD (par rapport à la force de compression en raison de la manipulation de charges, de l'angle d'inclinaison vers l'avant du tronc et de la dose journalière) un risque accru de prolapsus.

1. Einleitung

Prolapskrankungen und Chondrosen unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich des Altersgangs (Prolapskrankungen treten im Mittel etwa 10 Jahre eher auf), sondern möglicherweise auch hinsichtlich ihrer beruflichen und außerberuflichen Verursachung (Seidler et al. 2003). Daher erfolgt in den hier vorliegenden Publikationen zur Deutschen Wirbelsäulenstudie eine getrennte Betrachtung der Ergebnisse für lumbale Prolapskrankungen und der Ergebnisse für fortgeschrittene lumbale Chondrosen. Die in dieser Arbeit dargestellte Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie untersucht den Zusammenhang lumbaler Prolapskrankungen mit der internen Wirbelsäulenbelastung durch Körperhaltungen und Lastenhandhabungen. Der Beitrag von Bolm-Audorff et al. (2007) beschäftigt sich mit den Ergebnissen der Deutschen Wirbelsäulenstudie zu den fortgeschrittenen Chondrosen.

2. Methodik

Für die Darstellung der Falldefinition, des standardisierten Erstinterviews, der Expertenerhebung zu den beruflichen Belastungen durch Technische Aufsichtspersonen und die Ermittlung der Wirbelsäulenbelastung durch biomechanische Simulationsrechnungen und die Belastungskumulation gemäß a priori definierter Dosismodelle wird auf Linhardt et al. (2007), Ellegast et al. (2007) und Jäger et al. (2007) verwiesen.

2.1 Probandengewinnung

In den vier klinischen Studienzentren (Frankfurt am Main, Freiburg, Halle, Regensburg) wurden 286 männliche (Fallgruppe 1) und 278 weibliche (Fallgruppe 2) Patienten im Alter zwischen 25 und 70 Jahren mit der Diagnose eines LWS-Prolaps im CT² und/oder MRT³ in die Studie einbezogen. Die Definition des Bandscheibenprolaps entspricht der Röntgenklassifikation einer Konsensus-

Arbeitsgruppe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften zur Begutachtung der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV (Bolm-Audorff et al. 2005). Eingeschlossen wurden Prolapspatienten, die in definierten Kliniken oder orthopädischen Praxen ambulant oder stationär wegen radikulärer LWS-Beschwerden behandelt wurden und in den Städten Frankfurt am Main, Freiburg, Halle oder Regensburg bzw. in einem diese Städte umgebenden definierten geographischen Gebiet ihren Wohnsitz hatten; ferner musste die neurologische Untersuchung den Nachweis eines umschriebenen sensiblen und/oder motorischen Wurzelsyndroms ergeben haben. Das Durchschnittsalter (Median) der männlichen Prolapspatienten zum Zeitpunkt der Diagnosestellung betrug

² Computertomogramm

³ Magnetresonanztomogramm

48 Jahre, das der weiblichen Prolapspatienten 47 Jahre.

Bei den Kontrollprobanden handelte es sich um eine Zufallsstichprobe der Wohnbevölkerung aus denselben Regionen. Einbezogen wurden 453 männliche und 448 weibliche Kontrollpersonen im Alter von 25 bis 69 Jahren zum Zeitpunkt der Stichprobenziehung. Das Durchschnittsalter der männlichen Kontrollpersonen (Median) lag bei 47 Jahren, das der weiblichen Kontrollpersonen bei 46 Jahren.

2.2 Standardisiertes Erstinterview

Bei allen Fällen und Kontrollen wurde ein etwa eineinhalbstündiges standardisiertes persönliches Interview durch geschulte Interviewer/innen zu beruflichen Wirbelsäulenbelastungen durch Lastenhandhabung, Rumpfbeugung und Ganzkörperschwingungen durchgeführt (Erstinterview). Ferner wurden Informationen u.a. zu Belastungen durch Freizeitbeschäftigung und Sport, zu Größe und Gewicht der Probanden sowie zu Vorerkrankungen der Wirbelsäule erhoben.

2.3 Expertenbefragung

Bei allen Probanden, die festgelegte Expositionsschwellen überschritten hatten, wurde später ein etwa zweistündiges semistandardisiertes umfassendes Experten-Interview durch Mitarbeiter der Technischen Aufsichtsdienste (TAD) der Unfallversicherungsträger durchgeführt (Zweitinterview). Inhalt dieser Befragung war eine detaillierte Beschreibung der beruflichen Exposition bezüglich Lastenhandhabungen, belastungsintensiven Körperhaltungen sowie der Einwirkung von Ganzkörperschwingungen.

2.4 Biomechanische Bewertung

Auf Basis des TAD-Interviews wurden biomechanische Analysen zur Ermittlung der Druckkraft auf die lumbosakrale Bandscheibe durchgeführt und die kumulative Belastung der Lendenwirbelsäule nach zehn unterschiedlichen Dosismodellen einschließlich des Mainz-Dortmunder Dosismodells (MDD) mit teilweise im Vergleich zum MDD herabgesetzten Schwellenwerten für Rumpfvorneigung und Bandscheiben-

Druckkraft bei Lastenhandhabung, Berücksichtigung von anderen Formen der Lastenhandhabung außer Heben und Tragen – wie Ziehen, Schieben, Fangen und Werfen – und verschiedener Gewichtung der Bandscheiben-Druckkraft in Relation zur Belastungsdauer, d.h. unterschiedlicher Potenzierung der Kraft (1. Potenz: „linear“, 2. Potenz: „quadratisch“, 3. Potenz: „kubisch“, 4. Potenz: „tetradisch“) berechnet.

2.5 Epidemiologische Auswertung

Ziel der Auswertung war die Identifizierung derjenigen arbeitsphysiologischen Parameter, mit denen der Zusammenhang zwischen der Wirbelsäulenbelastung und bandscheibenbedingten Erkrankungen im Sinne der jeweiligen Fallgruppen am „besten“ abgebildet werden kann. Um eine „Multiplizität der Modelle“ zu vermeiden, erfolgte die Modellbildung mit einem klar operationalisierten Verfahren, das u.a. „sparsam“ mit der Testung möglicher Confounder umging. Um eine unbeeinflusste Auswertung vornehmen zu können, wurde schon vor Beginn der epidemiologischen Auswertung das Auswertungskonzept festgelegt. Die Auswertung erfolgte streng nach diesem im Folgenden dargestellten Konzept, Änderungen wurden in der laufenden epidemiologischen Auswertung nicht vorgenommen.

2.5.1 Referenzdatum

Bei Fällen wurden Expositionen bis zu dem Zeitpunkt in die Berechnungen einbezogen, an dem die Erkrankung erstmalig festgestellt wurde; auch das Alter wurde für diesen Zeitpunkt ermittelt. Bei den Fällen betrug der Median der zeitlichen Differenz zwischen erstmaliger Feststellung der Erkrankung und der Durchführung des Interviews lediglich 4 Monate. Gemäß Auswertungskonzept wurden bei den Kontrollpersonen alle Expositionen bis zum Zeitpunkt der Erstinterview-Durchführung berücksichtigt.

2.5.2 Kategorisierung der Expositionsvariablen (einschließlich potentieller Confounder)

Die einzelnen Expositionsvariablen wurden nach Ausschluss der „Null“-Wer-

te in Terzilen der Verteilung bei den Kontrollpersonen kategorisiert. Zur Vermeidung einer sehr kleinen Referenzkategorie wurde folgendes Verfahren *a priori* festgelegt: Sofern die „Null-Gruppe“ weniger als 20% der Kontrollpersonen umfasste, wurde die „Null-Gruppe“ mit dem ersten Terzil der exponierten Kontrollpersonen zusammengefasst. Zur Berücksichtigung eines möglichen „Hochdosiseffekts“ wurde folgendes Verfahren – ebenfalls *a priori* – gewählt: Sofern die höchste Expositions-kategorie mehr als 10% der Kontrollpersonen umfasste, wurde diese Expositions-kategorie in zwei Kategorien aufgeteilt (Cutpoint⁴: 95%-Perzentile der Verteilung bei den Kontrollpersonen). Sofern es sich um einen Dosiswert handelte, wurde zusätzlich eine Variable ohne Trennung der höchsten Expositions-kategorie in zwei Kategorien gebildet. Im Rahmen der Modellselektion wurden stets beide Variablen – die Variable mit aufgeteilter höchster Expositions-kategorie und die Variable mit ungeteilter höchster Expositions-kategorie – auf die Güte der Modellanpassung hin untersucht. Zur Vermeidung sehr kleiner Felderbelegungen wurden Kategorien mit 5 oder weniger Kontrollpersonen mit der jeweils benachbarten Kategorie zusammengefasst.

2.5.3 Dosismodelle

Die kumulative Wirbelsäulenbelastung wurde gemäß 10 unterschiedlichen Berechnungsansätzen einschließlich des MDD analysiert (Einzelheiten bei Jäger et al. 2007). Dabei wurden

- (a) Lastgewichts- und
 - (b) Rumpfbeugeexpositionen
- sowohl getrennt als auch gemeinsam behandelt.

2.5.4 Effektschätzer und „Outcomes“⁵

Zur Analyse des Zusammenhangs zwischen den ermittelten kumulativen Dosiswerten und der Entwicklung einer LWS-Prolapskrankung wurden mit

⁴ *Cutpoint*: Grenzwert, bei dessen Überschreitung die jeweilige Exposition der „Hochdosis-kategorie“ zugeordnet wurde.

⁵ „*Outcomes*“: Betrachtete Krankheitsbilder, für die die jeweiligen Effektschätzer berechnet wurden.

Hilfe der unkonditionalen logistischen Regressionsanalyse Odds Ratios berechnet; diese Berechnung erfolgte mit den Statistikpaketen SPSS und SAS. Die Auswertung erfolgte getrennt für Männer und Frauen.

2.5.5 Confounderselektion

Zunächst wurde geprüft, ob sich für folgende – inhaltlich plausible – potentielle Confounder Belege für eine Assoziation der Confoundervariablen in der Kontrollgruppe mit dem MDD finden:

- Gewicht (*Body Mass-Index*),
- geborene Kinder (bei Frauen),
- Sport 1 („Ausdauersport“): *Jogging*, Radfahren, Schwimmen,
- Sport 2 („Ball sport“): Fußball, Hand-, Volley-, Basketball,
- Sport 3: Geräteturnen, Kugelstoßen, Speer-, Hammerwerfen, Ringen, Gewichtheben,
- Sport 4: Bodybuilding, Krafttraining,
- Ganzkörperschwingungen,
- Hüftstellungsfehler,
- Beinlängendifferenz,
- Verkrümmung der Wirbelsäule,
- Gicht,
- Morbus Bechterew,
- Wirbelsäulentuberkulose,
- Morbus Scheuermann,
- Wirbelgleiten (Spondylolisthesis),
- Fehlbildung im Bereich der unteren Lendenwirbelsäule (z.B. Übergangswirbel),
- Unfall (Sturz, Verkehrsunfall) mit Fraktur der Wirbelsäule,
- sonstige Erkrankung mit Beteiligung der Lendenwirbelsäule.

Eine Assoziation des potentiellen Confounders mit dem MDD wurde dann angenommen, wenn innerhalb der Kontrollgruppe eine Korrelation mit dem MDD (Dosismodell 1, Jäger et al. 2007) oder dem Dosismodell mit den niedrigsten Erhebungsschwellen (Dosismodell 4) festzustellen war. Diesbezüglich wurde der Korrelationskoeffizient für zwei ordinale Variablen mit der Kendall-Tau-Statistik errechnet. Lag dieser Wert $>0,1$, so wurden die entsprechenden Variablen als „Basisconfounder“ in das logistische Regressionsmodell aufgenommen. Weiterhin wurden Alter und Studienregion als Confounder in das logistische Regressionsmodell aufgenommen.

Bei Männern waren folgende Variablen als Basisconfounder zu werten:

- *Body-Mass-Index*,
- Ganzkörperschwingungen,
- Morbus Scheuermann,
- Gicht.

Bei Frauen war folgende Variable als Basisconfounder zu werten:

- Ganzkörperschwingungen

2.5.6 Modellselektion

Nacheinander wurden die sich gemäß den unterschiedlichen Dosismodellen ergebenden (kategorisierten) Werte bezüglich

- (a) Lastenhandhabungen und
- (b) Körperhaltungen

in das Modell einbezogen. Das „am besten“ anpassende Modell wurde – getrennt für jede Fallgruppe – mittels formaler Kriterien der Modellanpassung [*Akaike-Information-Kriterium (AIC)*⁶] ermittelt. Tabelle 1 zeigt die Bewertung der verschiedenen Dosismodelle für die hier untersuchten Fallgruppen 1 und 2 (Männer bzw. Frauen mit LWS-Prolaps). Die Zahlenangaben in den Spalten 2 und 5 entsprechen den jeweiligen AIC-Werten, sie kennzeichnen die Güte der Modellanpassung. Bei der Interpretation der Zahlenangaben ist zu beachten, dass mit abnehmendem AIC-Wert die Güte der Anpassung steigt.

Mit dem *Bootstrap-Experiment*⁷ (Efron & Tibshirani 1998) wurde untersucht, mit welcher statistischen Variabilität die AIC-Maße behaftet sind. Diese Untersuchung kann bei der Beantwortung der Frage helfen, welche konkurrierenden Modelle noch als „annähernd gleichwertig“ betrachtet werden können. Wenn mehrere Dosismodelle als annähernd gleichwertig erschienen, wurde als weiteres Kriterium die Modellgüte bei Berücksichtigung des ande-

⁶ Für den Vergleich statistischer Modelle, die nicht ineinander enthalten sind (non-nested Modelle) wurde das AIC (Forster 2000; Agresti 2002) verwendet, welches die Modelle auf der Grundlage des Log-Likelihoods und der Anzahl k der im Modell enthaltenen Parameter bewertet: $AIC = -2 \log Lik + 2k$. Man entschied sich für das Modell mit dem kleinsten AIC-Wert. War die Anzahl der Modellparameter gleich, fiel die Entscheidung auf Grund des Log-Likelihoods. Falls die Modelle ineinander enthalten waren, wurde anstelle des AIC der Likelihood ratio test angewendet.

⁷ *Bootstrap Experiment*: eine Methode, mit der sich auf Basis einer vorliegenden Stichprobe eine Vorstellung von der Verteilung einer Schätzfunktion verschafft wird.

ren Geschlechts einbezogen: Nach Möglichkeit sollten grundsätzlich unterschiedliche Dosismodelle der Belastungsermittlung im „finalen Modell“ bei Männern und Frauen vermieden werden. Wenn weiterhin mehrere annähernd gleichwertige Modelle verblieben, ging die „Plausibilität“ der Dosis-Wirkungs-Beziehung als weiteres Entscheidungskriterium in die Selektion des besten Modells ein.

Tabelle 1 zeigt, dass folgende Dosismodelle nach den Kriterien AIC und *Bootstrap-Experiment* eine annähernd gleich gute Modellanpassung aufweisen (unterstrichen jeweils das Dosismodell mit der besten Modellanpassung):

- Fallgruppe 1 (Prolaps bei Männern):
 - Dosismodell 7 mit Hochdosis-kategorie
 - Dosismodell 10 mit Hochdosis-kategorie
- Fallgruppe 2 (Prolaps bei Frauen):
 - Dosismodell 6 ohne Hochdosis-kategorie
 - Dosismodell 9 ohne Hochdosis-kategorie
 - Dosismodell 9 mit Hochdosis-kategorie
 - Dosismodell 6 mit Hochdosis-kategorie

Das MDD in den drei untersuchten Varianten (Dosismodelle 1 bis 3) zählt zu den am schlechtesten anpassenden Dosismodellen.

Die ausgewählten Dosismodelle mit guter Modellanpassung haben folgende Eigenschaften:

- (a) Die Schwellenwerte, ab denen Belastungen einbezogen sind, sind gegenüber dem MDD verringert (lumbale Druckkraft: 2,0 kN; Rumpfvorneigung: 75° bei Dosismodell 6 und 45° bei den Dosismodellen 7, 9 und 10; keine Schwelle für die Tagesdosis);
- (b) die lumbale Druckkraft wurde mit Hilfe spezifischer biomechanischer Simulationsrechnungen mit dem Computermodell „Der Dortmunder“ (Jäger et al. 2000) für jeden Belastungsvorgang individuell bestimmt;
- (c) neben Hebe- und Tragetätigkeiten sind auch andere Lastenmanipulationen wie Ziehen, Schieben, Fangen und Werfen berücksichtigt.

Tabelle 1: Bewertung der Dosismodelle gemäß Akaike-Information-Kriterium und Bootstrap-Experiment. FG=Fallgruppe, FG 1: Männer mit LWS-Prolaps, FG 2: Frauen mit LWS-Prolaps, MDD=Mainz-Dortmunder Dosismodell, DM=Dosismodell, D=Dosismodell mit Hochdosiskategorie, D ohne HD=Dosismodell ohne Hochdosiskategorie, KH+L=Dosismodell mit getrennter Betrachtung der Wirbelsäulenbelastung durch Körperhaltung und Lastenhandhabung. Grau unterlegt: annähernd gleichwertige beste Modelle

Table 1: Assessment of the dose models according to Akaike information criterion and Bootstrap experiment. FG=case group, FG 1: Men with lumbar disc herniation, FG 2: Women with lumbar disc herniation, MDD=Mainz-Dortmund Dose Model, DM=Dose model, D=Dose model with high-dose category, D without HD=Dose model without high-dose category, KH+L=Dose model with separate consideration of the spinal load due to body posture and load-handling. Grey background: approximately equivalent best models

Tableau 1: Evaluation des modèles de dose selon le critère d'information d'Akaike et la méthode du bootstrap. FG=Groupe de cas, FG 1 : Hommes souffrant d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire, FG 2 : Femmes atteintes d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire, MDD=Modèle de dose Mainz-Dortmund, DM=Modèle de dose, D=Modèle de dose avec catégorie de dose élevée, D ohne HD=Modèle de dose sans catégorie de dose élevée, KH+L=Modèle de dose avec examen séparé du stress de la colonne vertébrale dû à l'attitude corporelle et à la manipulation de charges. Les meilleurs modèles comparables apparaissent sur fond gris.

Dosismodell	FG 1	Rang	FG 2	Rang	Rangsumme
1 (MDD mit Druckkraft-Schätzung), D	964,1	33	978,1	33	66
2 (MDD mit „Dortmunder“), D	960,6	30	974,2	31	61
3 (MDD mit „Dortmunder“, D ohne HD	964,0	32	974,2	31	63
3 (MDD mit „Dortmunder“ inkl. Ziehen), D	956,6	27	973,2	29	56
3 (MDD mit „Dortmunder“ inkl. Ziehen), D ohne HD	962,4	31	973,2	29	60
4 (DM ohne Schwellen), KH+L	951,9	15	956,1	6	21
4 (DM ohne Schwellen), KH+L ohne HD	954,1	21	956,7	11	32
4 (DM ohne Schwellen), D	950,5	9	958,0	13	22
4 (DM ohne Schwellen), D ohne HD	951,4	11	956,0	5	16
5 (DM schwellenarm) KH + L	953,7	18	966,4	27	45
5 (DM schwellenarm), KH + L ohne HD	955,7	26	965,7	25	51
5 (DM schwellenarm), D	945,7	3	958,3	15	18
5 (DM schwellenarm), D ohne HD	948,5	6	956,3	8	14
6 (DM rel. schwellenarm), KH + L	954,8	23	968,8	28	51
6 (DM rel. schwellenarm), KH + L ohne HD	958,2	29	965,6	24	53
6 (DM rel. schwellenarm), D	949,9	8	955,2	4	12
6 (DM rel. schwellenarm), D ohne HD	951,4	11	954,0	1	12
7 (lineares DM schwellenarm), KH + L	949,0	7	963,5	18	25
7 (lineares DM schwellenarm), KH + L ohne HD	951,4	11	962,0	17	28
7 (lineares DM schwellenarm), D	943,0	1	956,1	6	7
7 (lineares DM schwellenarm), D ohne HD	946,9	5	956,6	10	15
8 (kubisches DM schwellenarm), KH + L	957,0	28	965,7	25	53
8 (kubisches DM schwellenarm), KH+L ohne HD	955,3	25	964,0	20	45
8 (kubisches DM schwellenarm), D	953,8	19	958,3	15	34
8 (kubisches DM schwellenarm), D ohne HD	952,7	17	956,3	8	25
9 (tetradisches DM schwellenarm), KH + L	954,4	22	965,2	23	45
9 (tetradisches DM schwellenarm) KH + L ohne HD	951,9	15	964,2	21	36
9 (tetradisches DM schwellenarm), D	954,9	24	955,0	3	27
9 (tetradisches DM schwellenarm), D ohne HD	954,0	20	954,7	2	22
10 (wurzellooses DM schwellenarm), KH + L	950,7	10	965,0	22	32
10 (wurzellooses DM rel. schw.arm), KH + L ohne HD	951,6	14	963,5	18	32
10 (wurzellooses DM schwellenarm), D	943,9	2	958,2	14	16
10 (wurzellooses DM schwellenarm), D ohne HD	946,0	4	957,3	12	16

Die genannten Dosismodelle unterscheiden sich hinsichtlich der Gewichtung der Druckkraft gegenüber der Belastungsdauer (Dosismodell 6: quadra-

tisch mit anschließender Wurzelbildung; Dosismodell 7: linear; Dosismodell 9: tetradisch; Dosismodell 10: quadratisch). Die bei einigen der Dosismodelle ge-

nannte „Hochdosiskategorie“ ergibt sich aus der Vorgehensweise bei der Bildung der Expositionskategorien (siehe Kapitel 2.5.2).

Nach der Entscheidung für den fallgruppenspezifisch jeweils „besten“ Ansatz der Belastungsberechnung wurden (wiederum getrennt für Männer und Frauen) alle Variablen aus dem Basismodell entfernt, deren Aufnahme die Odds Ratio in keiner Belastungskategorie um mindestens 10% (*Change-in-estimate*-Kriterium) verändert hatte. In keiner Fallgruppe führte die Entfernung eines Basisconfounders aus dem logistischen Regressionsmodell zu einer Veränderung der Odds Ratio in mindestens einer Belastungskategorie um 10% oder mehr. Daher wurden alle Basisconfounder aus den logistischen Regressionsmodellen entfernt.

Weiterhin wurden gemäß *a priori* festgelegtem Auswertungskonzept diejenigen Variablen aus der folgenden Liste in das vorläufige „finale Modell“ einbezogen,

die eine Veränderung der Odds Ratio in mindestens einer Belastungskategorie um mindestens 10% (*Change-in-estimate*-Kriterium) ergaben:

- Berufsbezogene psychosoziale Faktoren,
- Rauchen (Packungsjahre),
- Belastung durch Tod des Partners,
- Belastung durch schwere Erkrankung des Partners,
- Belastung durch Scheidung/Trennung,
- Belastung durch sonstige familiäre Probleme,
- Belastung durch Verlust des Arbeitsplatzes/Kündigung,
- Körpergröße.

Diesem Verfahren zufolge wurden folgende Confounder zusätzlich zu den Variablen Alter und Studienzentrum in die finalen Modelle aufgenommen:

- Fallgruppe 1: Belastung durch Verlust des Arbeitsplatzes/Kündigung,
- Fallgruppe 2: psychosoziale Belastungen am Arbeitsplatz („Arbeitsintensität, Tätigkeitsspielraum“).

2.5.7 Darstellung der Ergebnisse

Berichtet werden für die „finalen“ Modelle die lediglich für Alter und Studienzentrum adjustierten Odds Ratios (Odds Ratio₁) mit 95%-Konfidenzintervallen und die entsprechend des finalen Modells adjustierten Odds Ratios (Odds Ratio₂).

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse zu den besten Dosismodellen

Den folgenden Tabellen ist die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis der Wirbelsäulenbelastung

Tabelle 2: Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis nach den am besten anpassenden Dosismodellen (2a und 2b) bzw. dem MDD (2c) und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Männern (Fallgruppe 1).

F=Fälle, K=Kontrollen, adjustierte OR₁=für Alter und Region adjustierte Odds Ratio, adjustierte OR₂=Odds Ratio, adjustiert für Belastung durch Verlust des Arbeitsplatzes/Kündigung sowie für Alter und Region, 95%-CI=95%-Konfidenzintervall, DM=Dosismodell

Table 2: Dose-response relationship between the total dose according to the most appropriate dose models (2a and 2b) as well as the MDD (2c) and the odds ratio for lumbar disc herniation in men (case group 1).

F=Cases, K=Controls, adjusted OR₁=Odds ratio adjusted for age and region, adjusted OR₂=Odds ratio adjusted for stress due to loss of employment/redundancy and for age and region, 95%-CI=95% confidence interval, DM=Dose mode²

Tableau 2: Relation de dose-effet entre la dose globale selon les modèles de dose les mieux adaptés (2a et 2b) voire selon le MDD (2c) et l'odds ratio pour le prolapsus lombaire chez les hommes (groupe de cas 1).

F=Cas, K=Témoins, adjustierte OR₁=Odds ratio ajusté selon l'âge et la région, adjustierte OR₂=Odds Ratio ajusté selon le stress provoqué par la perte d'emploi/résiliation du contrat de travail ainsi que selon l'âge et la région, 95%-CI=Intervalle de confiance de 95%, DM=Modèle de dose.

Gesamtdosis	F	%	K	%	Adjustierte OR ₁ (95%-CI)	Adjustierte OR ₂ (95%-CI)
2a. Gesamtdosis mit Hochdosiskategorie nach Dosismodell 7 (schwellenarmes lineares DM mit Einbeziehung der Rumpfvorneigung ab 45° und der Druckkraft ab 2 kN)						
<0,55 * 10 ⁶ Nh	55	19,2	161	35,5	1,0	1,0
(0,55 - <3,16)*10 ⁶ Nh	71	24,8	146	32,2	1,4 (0,9-2,2)	1,5 (1,0-2,4)
(3,16-<40,57)*10 ⁶ Nh	149	52,1	123	27,2	3,6 (2,3-5,3)	3,9 (2,6-6,0)
> = 40,57 * 10 ⁶ Nh	11	3,8	23	5,1	1,3 (0,6-2,9)	1,4 (0,6-3,2)
2b. Gesamtdosis mit Hochdosiskategorie nach Dosismodell 10 (schwellenarmes wurzelloses DM mit Schwellenwert für die Rumpfvorneigung von mindestens 45° und die Druckkraft von mindestens 2 kN)						
<1,44 * 10 ⁹ N²h	52	18,2	161	35,5	1,0	1,0
(1,44- <8,74)* 10 ⁹ N²h	75	26,2	147	32,5	1,6 (1,0-2,4)	1,7 (1,1-2,6)
(8,74-<126,17)*10 ⁹ N²h	148	51,7	122	26,9	3,7 (2,4-5,6)	4,1 (2,7-6,3)
> = 126,17 * 10 ⁹ N²h	11	3,8	23	5,1	1,6 (0,7-3,6)	1,7 (0,7-3,8)
2c. Gesamtdosis nach dem MDD (Dosismodell 1)						
0 Nh	186	65,0	361	79,7	1,0	1,0
(>0 - <4,22) *10 ⁶ Nh	30	10,5	30	6,6	1,9 (1,1-3,3)	2,1 (1,2-3,8)
(4,22 -<21,27)*10 ⁶ Nh	49	17,1	31	6,8	3,0 (1,8-4,8)	3,2 (1,9-5,3)
>=21,27 *10 ⁶ Nh	21	7,3	31	6,8	1,3 (0,7-2,3)	1,3 (0,7-2,3)

Tabelle 3: Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Gesamtdosis nach den am besten anpassenden Dosismodellen (3a – 3d) bzw. dem MDD (3e) und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Frauen (Fallgruppe 2).

F=Fälle, K=Kontrollen, adjustierte OR_1 =für Alter und Region adjustierte Odds Ratio, adjustierte OR_2 =Odds Ratio, für Alter und Region sowie für psychosoziale Belastungen (Arbeitsintensität, Tätigkeitsspielraum) am Arbeitsplatz adjustierte Odds Ratio, 95%-CI=95%-Konfidenzintervall, DM=Dosismodell

Table 3: Dose-response relationship between the total dose according to the most appropriate dose models (3a – 3d) as well as the MDD (3e) and the odds ratio for lumbar disc herniation in women (case group 2).

F=Cases, K=Controls, adjusted OR_1 =Odds ratio adjusted for age and region, adjusted OR_2 =Odds ratio adjusted for psychosocial strain at work (work intensity, freedom of action) and for age and region, 95%-CI=95% confidence interval, DM=Dose model

Tableau 3: Relation de dose-effet entre la dose globale selon les modèles de dose les mieux adaptés (3a et 3d) voire selon le MDD (3e) et l'odds ratio pour le prolapsus lombaire chez les femmes (groupe de cas 2).

F=Cas, K=Témoins, adjustierte OR_1 =Odds ratio ajusté selon l'âge et la région, adjustierte OR_2 =Odds Ratio ajusté selon l'âge et la région ainsi que selon les stress professionnels psychosociaux (intensité du travail, marge d'activité) sur le lieu de travail, 95%-CI=Intervalle de confiance de 95%, DM=Modèle de dose.

Gesamtdosis	F	%	K	%	Adjustierte OR_1 (95%-CI)	Adjustierte OR_2 (95%-CI)
3a. Gesamtdosis ohne Hochdosiskategorie nach Dosismodell 6 (DM mit leicht abgesenktem Schwellenwert für Rumpfvorneigung von mindestens 75° und deutlich abgesenktem Schwellenwert für die Druckkraft von mindestens 2 kN)						
0 Nh	82	29,5	215	48,0	1,0	1,0
(>0 – <1,86) * 10 ⁶ Nh	46	16,5	77	17,2	1,7 (1,1–2,6)	1,5 (1,0–2,4)
(1,86 – <9,07) * 10 ⁶ Nh	70	25,2	78	17,4	2,6 (1,7–4,1)	2,4 (1,6–3,7)
> = 9,07 * 10 ⁶ Nh	80	28,8	78	17,4	2,9 (1,9–4,4)	2,5 (1,6–3,8)
3b. Gesamtdosis mit Hochdosiskategorie nach Dosismodell 6 mit Hochdosiskategorie (DM mit leicht abgesenktem Schwellenwert für Rumpfvorneigung von mindestens 75° und deutlich abgesenktem Schwellenwert für die Druckkraft von mindestens 2 kN)						
0 Nh	82	29,5	215	48,0	1,0	1,0
(>0 – <1,86) * 10 ⁶ Nh	46	16,5	77	17,2	1,7 (1,1–2,6)	1,5 (1,0–2,4)
(1,86 – <9,07) * 10 ⁶ Nh	70	25,2	78	17,4	2,7 (1,7–4,1)	2,4 (1,6–3,7)
(> = 9,07–<25,88) * 10 ⁶ Nh	61	21,9	55	12,3	3,2 (2,0–5,0)	2,7 (1,7–4,4)
> = 25,88 * 10 ⁶ Nh	19	6,8	23	5,1	2,2 (1,1–4,3)	1,9 (0,9–3,7)
3c. Gesamtdosis ohne Hochdosiskategorie nach Dosismodell 9 (schwelenarmes tetradisches DM mit Schwellenwert für Rumpfvorneigung von mindestens 45° und für die Druckkraft von mindestens 2 kN)						
0 N ⁴ h	74	26,6	202	45,1	1,0	1,0
(>0 – <4,19) * 10 ¹⁵ N ⁴ h	59	21,2	82	18,3	2,1 (1,4–3,3)	1,9 (1,2–2,9)
(4,19 – <32,31) * 10 ¹⁵ N ⁴ h	59	21,2	82	18,3	2,2 (1,4–3,4)	2,0 (1,3–3,1)
> = 32,31 * 10 ¹⁵ N ⁴ h	86	30,9	82	18,3	3,2 (2,1–4,8)	2,7 (1,7–4,1)
3d. Gesamtdosis mit Hochdosiskategorie nach Dosismodell 9 (schwelenarmes tetradisches DM mit einem Schwellenwert für die Rumpfvorneigung von mindestens 45° und für die Druckkraft von mindestens 2 kN)						
0 N ⁴ h	74	26,6	202	45,1	1,0	1,0
(>0 – <4,19) * 10 ¹⁵ N ⁴ h	59	21,2	82	18,3	2,1 (1,4–3,3)	1,9 (1,2–2,9)
(4,19 – <32,31) * 10 ¹⁵ N ⁴ h	59	21,2	82	18,3	2,2 (1,4–3,4)	2,0 (1,3–3,1)
(32,31–239,13) * 10 ¹⁵ N ⁴ h	69	24,8	59	13,2	3,6 (2,3–5,7)	3,1 (1,9–4,9)
> 239,13 * 10 ¹⁵ N ⁴ h	17	6,1	23	5,1	2,1 (1,0–4,1)	1,8 (0,9–3,5)
3e. Gesamtdosis nach dem MDD (Dosismodell 1)						
0 Nh	215	77,3	380	84,8	1,0	1,0
(>0 – <4,04) * 10 ⁶ Nh	22	7,9	22	4,9	1,9 (1,0–3,5)	1,7 (0,9–3,2)
(4,04–<14,47) * 10 ⁶ Nh	28	10,1	23	5,1	2,2 (1,2–4,0)	1,9 (1,1–3,5)
> = 14,47 * 10 ⁶ Nh	13	4,7	23	5,1	1,0 (0,5–2,0)	0,8 (0,4–1,7)

nach verschiedenen Dosismodellen und der Odds Ratio für die Entwicklung einer Prolapserkrankung zu entnehmen. Dargestellt werden die Ergebnisse für die Dosismodelle, die nach dem Akaike-Information-Kriterium sowie dem Bootstrap-Experiment eine annähernd

gleich gute Modellanpassung für die jeweilige Fallgruppe zeigten (dunkel unterlegte Felder in Tabelle 1).

In Tabelle 2 (a und b) sind die Risikoschätzer für die besten Dosismodelle bei Männern mit LWS-Prolaps (Fallgruppe 1) dargestellt. Tabelle 2a zeigt die Dosis-

Wirkungs-Beziehung zwischen der Gesamtdosis mit Hochdosiskategorie nach Dosismodell 7 mit der besten Modellanpassung in dieser Fallgruppe und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Männern. Es zeigt sich ein Anstieg der Odds Ratio bis zur mittleren Dosiskate-

gorie, bei der sich eine signifikant um den Faktor 3,9 erhöhte Odds Ratio für lumbalen Prolaps findet. In der höchsten Dosiskategorie fällt die Odds Ratio wieder auf 1,4 (nicht signifikant) ab.

In Tabelle 2b ist die Beziehung zwischen Gesamtdosis mit Hochdosiskategorie nach Dosismodell 10 und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Männern dargestellt. Der Verlauf der Dosis-Wirkungs-Beziehung ist weitgehend identisch mit Tabelle 2a.

In Tabelle 3 (a bis d) sind die Risikoschätzer für die besten Dosismodelle bei Frauen mit LWS-Prolaps (Fallgruppe 2) dargestellt. In Tabelle 3a findet sich die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Gesamtdosis ohne Hochdosiskategorie gemäß Dosismodell 6, dem Dosismodell mit der besten Modellanpassung für diese Fallgruppe, und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Frauen. Mit zunehmender Gesamtdosis zeigt sich ein monotoner Anstieg der Odds Ratio bis zu einer signifikant um den Faktor 2,5 erhöhten Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse.

Der Tabelle 3b ist die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Gesamtdosis nach Dosismodell 6 mit Hochdosiskategorie und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Frauen (Fallgruppe 2) zu entnehmen. Es zeigt sich ein Anstieg bis zur dritthöchsten Dosisklasse mit einer signifikant um den Faktor 2,7 erhöhten Odds Ratio, während diese in der höchsten Dosisklasse nicht signifikant um den Faktor 1,9 erhöht ist.

Zwischen der Gesamtdosis ohne Hochdosiskategorie nach Dosismodell 9 und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Frauen (Fallgruppe 2) findet sich eine monotone Dosis-Wirkungs-Beziehung mit einer signifikant um den Faktor 2,7 erhöhten Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse (Tabelle 3c).

Zwischen der Gesamtdosis nach Dosismodell 9 mit Hochdosiskategorie und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Frauen (Fallgruppe 2) findet sich ein Anstieg bis zur dritthöchsten Dosisklasse mit einer signifikant um den Faktor 3,1 erhöhten Odds Ratio, die in der höchsten Dosisklasse auf nicht signifikante 1,8 abfällt (Tabelle 3d).

3.2 Ergebnisse zum Mainz-Dortmunder Dosismodell

In Tabelle 2c und Tabelle 3e sind die Ergebnisse bezüglich des MDD nach Dosismodell 1 dargestellt, das nicht zu den am besten anpassenden Dosismodellen gehört (siehe Tabelle 1). Zwischen der Gesamtdosis nach dem MDD und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Männern (Fallgruppe 1) findet sich ein Anstieg bis zur zweithöchsten Dosisklasse mit einer signifikant um den Faktor 3,2 erhöhten Odds Ratio. In der höchsten Dosisklasse mit einer MDD-Gesamtdosis von mindestens $21,27 \times 10^6$ Nh, entsprechend mindestens 85% des MDD-Richtwertes von 25×10^6 Nh, zeigt sich dagegen eine nicht signifikant um den Faktor 1,3 erhöhte Odds Ratio (Tabelle 2c).

Auch zwischen der Gesamtdosis nach dem MDD nach Dosismodell 1 und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Frauen (Fallgruppe 2) zeigt sich ein Anstieg bis zur zweithöchsten Dosisklasse mit einer signifikant um den Faktor 1,9 erhöhten Odds Ratio. In der höchsten Dosisklasse von mindestens $14,47 \times 10^6$ Nh – entsprechend mindestens 85% des MDD-Richtwertes in Höhe von 17×10^6 Nh – dagegen ist die Odds Ratio nicht signifikant auf 0,8 erniedrigt (Tabelle 3e).

3.3 Auswertungen zum lumbalen Prolaps getrennt nach motorischen und sensiblen Ausfällen

Für die Fallgruppen 1 und 2 (d.h. Männer und Frauen mit lumbalem Prolaps) wurden Auswertungen bezüglich der Dosis-Wirkungs-Beziehung, getrennt für Fälle mit motorischen und sensiblen Ausfällen, durchgeführt. Diese Auswertungen wurden nur mit dem Dosismodell mit der besten Modellanpassung durchgeführt, d.h. Dosismodell 7 mit Hochdosiskategorie bei Fallgruppe 1 und Dosismodell 6 ohne Hochdosiskategorie bei Fallgruppe 2. Zwischen der Gesamtdosis nach Dosismodell 7 und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Männern (Fallgruppe 1) mit motorischen oder sensomotorischen Ausfällen findet sich ein Anstieg bis zur zweithöchsten Dosisklasse mit einer signifikant um den Faktor 3,5 erhöhten Odds

Ratio, die in der höchsten Dosisklasse auf 1,0 fällt (Tabelle 4a). Eine ähnliche Dosis-Wirkungs-Beziehung besteht zwischen der Gesamtdosis nach Dosismodell 7 und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Männern (Fallgruppe 1) mit sensiblen Ausfällen (Tabelle 4b). Bis zur zweithöchsten Dosisklasse ergibt sich ein Anstieg mit einer signifikant um den Faktor 4,4 erhöhten Odds Ratio, die in der höchsten Dosisklasse auf 2,1 (nicht signifikant) sinkt. Es zeigt sich somit keine wesentliche Abweichung im Verlauf der Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Gesamtdosis nach Dosismodell 7 und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Männern (Fallgruppe 1) insgesamt (Tabelle 2a) und bei getrennter Betrachtung nach motorischen und sensomotorischen Ausfällen (Tabelle 4a) bzw. sensiblen Ausfällen (Tabelle 4b).

Zwischen der Gesamtdosis ohne Hochdosiskategorie nach Dosismodell 6 sowie der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Frauen (Fallgruppe 2) findet sich sowohl für Fälle mit motorischen oder sensomotorischen Ausfällen als auch für Fälle mit sensiblen Ausfällen ein monotoner Anstieg der Odds Ratio, die in der höchsten Dosisklasse in beiden Fällen signifikant um den Faktor 2,6 (Tabelle 5a) bzw. 2,4 (Tabelle 5b) erhöht ist.

4. Diskussion

Die vorliegende Publikation beschreibt die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und/oder Rumpfbeugung und der Entwicklung eines LWS-Prolaps. Für eine eingehende Diskussion von Stärken und Schwächen der vorliegenden Untersuchung wird auf den Beitrag von Bolm-Audorff et al. (2007) verwiesen. Um das MDD validieren und gegebenenfalls modifizieren zu können, wurde in der Deutschen Wirbelsäulenstudie neben dem aktuell zur Ermittlung der arbeitstechnischen Voraussetzungen bei der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV eingesetzten MDD eine Reihe von alternativen Dosismodellen geprüft. Die dabei gefundenen Modelle mit annähernd gleich guter Modellanpassung sind unter 2.5.6 aufgeführt.

Tabelle 4: Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis mit Hochdosiskategorie nach Dosismodell 7 (schwellenarmes lineares Dosismodell, d.h. mit Einbeziehung der Rumpfvorneigung ab 45° und der Druckkraft ab 2 kN) und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Männern (Fallgruppe 1), getrennt für das Vorliegen (4a) und das Fehlen (4b) motorischer Ausfälle.

F=Fälle, K=Kontrollen, adjustierte OR=Odds Ratio, adjustiert für Belastung durch Verlust des Arbeitsplatzes/Kündigung sowie für Alter und Region, 95%-CI=95%-Konfidenzintervall

Table 4: Dose-response relationship between the total dose with high-dose category according to dose model 7 (linear dose model with reduced thresholds, i.e. with inclusion of trunk inclination of at least 45° and lumbar compression of at least 2kN) and the odds ratio for lumbar disc herniation in men (case group 1), separately for persons with (4a) and without (4b) motor nerve failure.

F=Cases, K=Controls, adjusted OR=Odds ratio adjusted for age and region, and for stress due to loss of employment/redundancy, 95%-CI=95% confidence interval

Tableau 4: Relation de dose-effet entre la dose globale avec la catégorie de dose élevée selon le modèle de dose 7 (modèle de dose linéaire avec peu de seuils, c'est-à-dire incluant l'inclinaison vers l'avant du tronc à partir de 45° et la force de compression à partir de 2 kN) et l'odds ratio pour le prolapsus lombaire chez les hommes (groupe de cas 1) avec une division pour l'existence (4a) et l'absence (4b) de déficiences motrices.

F=Cas, K=Témoins, adjustierte OR=Odds ratio ajusté selon le stress provoqué par la perte d'emploi/résiliation du contrat de travail ainsi que selon l'âge et la région, 95%-CI=Intervalle de confiance de 95%.

Gesamtdosis	F	%	K	%	Adjustierte OR (95%-CI)
4a. Nur Fälle mit motorischen oder sensomotorischen Ausfällen					
<0,55 *10 ⁶ Nh	35	22,3	161	35,5	1,0
(0,55 – <3,16) *10 ⁶ Nh	40	25,5	146	32,2	1,5 (0,9–2,5)
(3,16 – <40,57)*10 ⁶ Nh	77	49,0	123	27,2	3,5 (2,1–5,9)
>=40,57 *10 ⁶ Nh	5	3,2	23	5,1	1,0 (0,3–2,8)
4b. Nur Fälle mit sensiblen (und fehlenden motorischen) Ausfällen					
<0,55 *10 ⁶ Nh	20	15,6	161	35,5	1,0
(0,55 – <3,16) *10 ⁶ Nh	31	24,2	146	32,2	1,6 (0,8–3,0)
(3,16 – <40,57) *10 ⁶ Nh	71	55,5	123	27,2	4,4 (2,5–7,9)
>=40,57 *10 ⁶ Nh	6	4,7	23	5,1	2,1 (0,7–6,2)

Tabelle 5: Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis nach Dosismodell 6 (Dosismodell mit leicht abgesenktem Schwellenwert für Rumpfvorneigung von mindestens 75° und deutlich abgesenktem Schwellenwert für die lumbale Druckkraft von mindestens 2 kN) und der Odds Ratio für lumbalen Prolaps bei Frauen (Fallgruppe 2), getrennt für das Vorliegen (5a) und das Fehlen (5b) motorischer Ausfälle.

F=Fälle, K=Kontrollen, adjustierte OR=für Alter und Region sowie für psychosoziale Belastungen (Arbeitsintensität, Tätigkeitsspielraum) am Arbeitsplatz adjustierte Odds Ratio, 95%-CI=95%-Konfidenzintervall

Table 5: Dose-response relationship between the total dose according to dose model 6 (dose model with a slightly reduced threshold for trunk inclination of at least 75° and a clearly reduced threshold for compression of at least 2kN) and the odds ratio for lumbar disc herniation in woman (case group 2), separately for persons with (5a) and without (5b) motor nerve failure.

F=Cases, K=Controls, adjusted OR=Odds ratio adjusted for age and region and for psychosocial strain at work (work intensity, freedom of action) and for age and region, 95%-CI=95% confidence interval.

Tableau 5: Relation de dose-effet entre la dose globale selon le modèle de dose 6 (modèle de dose avec une valeur seuil légèrement réduite pour l'inclinaison vers l'avant du tronc à partir de 75 ° minimum et un seuil de force de compression lombaire nettement réduit à partir de 2 kN) et l'odds ratio pour le prolapsus lombaire chez les femmes (groupe de cas 2) avec une division pour l'existence (5a) et l'absence (5b) de déficiences motrices.

F=Cas, K=Témoins, adjustierte OR=Odds ratio ajusté selon l'âge et la région ainsi que selon les stress professionnels psychosociaux (intensité du travail, marge d'activité) sur le lieu de travail, 95%-CI=Intervalle de confiance de 95%.

Gesamtdosis	F	%	K	%	Adjustierte OR (95%-CI)
5a. Nur Fälle mit motorischen oder sensomotorischen Ausfällen					
0 Nh	43	31,4	215	48,0	1,0
>0 – <1,86 *10 ⁶ Nh	28	20,4	77	17,2	1,9 (1,1–3,4)
1,86 – <9,07 *10 ⁶ Nh	31	22,6	78	17,4	2,4 (1,4–4,2)
>=9,07 *10 ⁶ Nh	35	25,5	78	17,4	2,6 (1,5–4,6)
5b. Nur Fälle mit sensiblen (und fehlenden motorischen) Ausfällen					
0 Nh	39	28,3	215	48,0	1,0
(>0 – <1,86) *10 ⁶ Nh	18	13,0	77	17,2	1,2 (0,6–2,2)
(1,86 – <9,07) *10 ⁶ Nh	37	26,8	78	17,4	2,3 (1,4–4,0)
>=9,07 *10 ⁶ Nh	44	31,9	78	17,4	2,4 (1,4–4,0)

4.1 Vergleich der am „besten“ anpassenden Dosismodelle

Die o.g. Dosismodelle mit annähernd gleich guter Modellanpassung werden anhand folgender Kriterien diskutiert:

1. *Geschlecht*: Nach Möglichkeit sollten unterschiedliche Dosismodelle bei Männern und Frauen vermieden werden. Sofern ein Dosismodell bezüglich der Endpunkte LWS-Prolaps bzw. LWS-Chondrose bei Männern und Frauen zu den Dosismodellen mit annähernd gleich guter Modellanpassung gehört (siehe Bolm-Audorff et al. 2007) oder zu den Dosismodellen mit der niedrigsten AIC-Rangsumme (Tabelle 1), wird es höher bewertet.
2. *Monotonie der Dosis-Wirkung-Beziehung*: Ein monotoner, treppenförmiger Anstieg der Dosis-Wirkung-Beziehung spricht für die Güte eines Dosismodells. Dieses Kriterium soll jedoch nicht im eben genannten Sinne streng verwendet werden, weil auch Dosis-Wirkung-Beziehungen mit einem Schwellenwert, d.h. einem fehlenden Anstieg der Odds Ratio in der niedrigsten Dosisklasse mit nachfolgendem Anstieg in der zweit- oder dritthöchsten Dosisklasse, denkbar sind.
3. *Einfachheit des Dosismodells*: Höher bewertet werden Dosismodelle mit einfacher Berechnungsgrundlage.
4. *Spezifität*: Ein Dosismodell wird als spezifisch für das jeweilige Krankheitsbild lumbaler Prolaps oder lumbale Chondrose angesehen, wenn es in der höchsten Dosisklasse einen klaren Effekt im Sinne einer deutlich und signifikant erhöhten Odds Ratio zeigt. Außerdem sollte der Prozentsatz der Kontrollen, die in die Hochdosiskategorie eingeordnet wurden, gering sein und der Anteil der Fallprobanden gegenüber den Kontrollen in der Hochdosiskategorie höher sein.

4.1.1 Geschlechtsspezifik der Ergebnisse

Es lassen sich keine (in der DWS untersuchten) Dosismodelle finden, die für die Beschreibung der Dosis-Wirkung-Beziehung für eine Prolapserkrankung bei Männern und Frauen gleich gut geeignet sind. Allerdings bildet das bei

Männern am besten anpassende Dosismodell 7 auch bei Frauen das Risiko relativ gut ab: Das Dosismodell 7 erhält für die AIC-Rangsumme (siehe Tabelle 1) bei der Fallgruppe 1 und 2 den besten Summenwert unter allen Dosismodellen; bei gemeinsamer Betrachtung von Männern und Frauen kommt dem Dosismodell 7 somit die mit Abstand beste Modellgüte zu. Beim Dosismodell 7 handelt es sich um ein lineares Modell, bei dem Belastungshöhe und Belastungsdauer gleichwertig in die Berechnung der kumulativen Dosis eingehen. Eine Höherbewertung (Quadrierung) der Druckkraft relativ zur Belastungsdauer im Sinne des Dosismodells 10 bei gegenüber dem linearen Dosismodell unveränderten Schwellenwerten bildet zwar bei Männern das Risiko für eine Prolapserkrankung annähernd gleich gut ab, führt aber bei Frauen zu einer relativ schlechten Modellanpassung. Demgegenüber führt eine Höherbewertung (Quadrierung) der Druckkraft im Sinne des Dosismodells 6 bei erhöhtem Schwellenwert für die Rumpfbeugung (75°) ebenso wie eine „doppelte“ Quadrierung im Sinne des Dosismodells 9 zwar bei Frauen zu einer sehr guten Dosisanpassung, bei Männern aber zu einer relativ schlechten.

4.1.2 Monotonie der Dosis-Wirkung- Beziehung

Die Dosismodelle 7 und 10 mit Hochdosiskategorie gehören zu den annähernd gleich gut anpassenden Dosismodellen für lumbalen Prolaps bei Männern (Fallgruppe 1). Beide zeigen keinen monotonen Anstieg der Dosis-Wirkung-Beziehung. Von den 4 Dosismodellen mit annähernd gleich guter Modellanpassung für lumbalen Prolaps bei Frauen (Fallgruppe 2) zeigen die Dosismodelle 6 ohne Hochdosiskategorie und 9 ohne Hochdosiskategorie einen monotonen Anstieg der Odds Ratio bei Prüfung der Dosis-Wirkung-Beziehungen, während bei den Dosismodellen 6 und 9 jeweils mit Hochdosiskategorie kein monotoner Anstieg der Odds Ratio besteht. Das bei einigen Dosismodellen beobachtete Absinken der Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse könnte mit der beruflichen Selektion von Beschäftigten

mit hoher und intensiver beruflicher Einwirkung durch Lastenhandhabung und/oder Rumpfbeugung erklärt werden, die wegen Wirbelsäulenbeschwerden die gefährdende Tätigkeit unterlassen, so dass das Absinken der Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse als Ausdruck des *Healthy-worker*-Effekts zu interpretieren ist. Die Prolapserkrankung tritt überwiegend in einem Alter auf, in dem Rückenbeschwerden als „Vorboten“ eines Vorfalles noch eher den Wechsel in einen weniger belastenden Beruf zulassen dürften als bei der im höheren Alter diagnostizierten Chondrose. Die prospektive Studie von Hartvigsen et al. (2001) spricht dafür, dass Beschäftigte mit hoher beruflicher Belastung durch Lastenhandhabung häufiger wegen Kreuzschmerzen im Sinne des *Healthy-worker*-Effekts die belastende Tätigkeit verlassen als Beschäftigte mit sitzender Tätigkeit.

4.1.3 Einfachheit der Dosismodelle

Das lineare Dosismodell 7 stellt von den untersuchten Modellen das einfachste dar. Mit zunehmender Potenzierung der Druckkraft (Exponent 2 bei den Dosismodellen 1–6 und 10, Exponent 3 beim Dosismodell 8, Exponent 4 beim Dosismodell 9) nimmt die Komplexität der Dosismodelle zu. Weiterhin nimmt die Komplexität der Dosismodelle auch mit der Wurzelziehung der Tagesdosis zu, weil sich die kumulative Dosis gleicher Tätigkeiten in Abhängigkeit von der Verteilung auf die Arbeitstage unterscheidet. Unter dem Gesichtspunkt der Einfachheit ist somit dem linearen Dosismodell 7 der Vorzug einzuräumen.

Hinsichtlich der Ermittlung der Belastungshöhe – in allen Modellansätzen repräsentiert durch die Höhe der lumbosakralen Druckkraft – unterscheiden sich die Dosismodelle in der Einfachheit erheblich: Beim MDD nach Dosismodell 1 werden die realen Tätigkeiten einer von 7 Tätigkeitskategorien zugeordnet. Für diese Kategorien werden spezifische Bestimmungsgleichungen benutzt, bei denen lediglich neben der Art der Lastenhandhabung zusätzlich das gehandhabte Lastgewicht berücksichtigt wird, während bei allen anderen Dosismodellen die Berechnungen mit ei-

nem detaillierten biomechanischen Modell (Der „Dortmunder“, Jäger et al. 2000) erfolgen. Bei diesen Modellansätzen wird die auftretende Druckkraft am Lumbosakralübergang nach den Gesetzen der Physik und der Berücksichtigung der jeweiligen Körperhaltung und -bewegung sowie der Einwirkung der „äußeren Kräfte“ berechnet. Somit sind bezüglich der Ermittlung der Belastungshöhe alle Dosismodelle von 2–10 als weniger einfach als das Dosismodell 1 anzusehen. Es ist zu prüfen, ob die Dosismodelle mit der besten Modellanpassung in dieser Studie ebenfalls mit Bestimmungsgleichungen beschrieben werden können, wie dies beim MDD in der Praxis der Unfallversicherungsträger der Fall ist (Hartung et al. 1999).

4.1.4 Spezifität der Dosismodelle

Die beiden annähernd gleich gut anpassenden Dosismodelle für lumbalen Prolaps bei Männern – Dosismodell 7 und 10 mit Hochdosiskategorie – sind zwar jeweils mit einem niedrigen Anteil von etwa 5% der Kontrollen in der Hochdosisklasse ausgezeichnet, die Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse ist jedoch jeweils nicht signifikant erhöht, so dass die Spezifität dieser Dosismodelle für Fallgruppe 1 fraglich ist.

Bei den Frauen mit Prolaps zeigt das Dosismodell 6 ohne Hochdosiskategorie mit der besten Modellanpassung eine deutlich und signifikant erhöhte Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse. Allerdings ist der Anteil der Kontrollprobanden in der Hochdosisklasse mit etwa 17% relativ hoch, so dass die Spezifität dieses Dosismodells für diese Fallgruppe fraglich ist. Dasselbe gilt für das Dosismodell 9 ohne Hochdosiskategorie. Ferner ist die Odds Ratio in der Hochdosisklasse bei Prüfung der Dosis-Wirkungs-Beziehung mit Dosismodell 9 nicht signifikant erhöht, so dass die Spezifität für diese Fallgruppe fraglich ist. Die Kriterien Monotonie und Spezifität werden bei den Prolapskrankungen also nicht gleichzeitig erfüllt.

4.2 Vergleich der Ergebnisse mit den Ergebnissen früherer Studien

Die bisherigen Erkenntnisse über die

Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen beruflichen Wirbelsäulenbelastungen durch Lastenhandhabung und/oder Rumpfbeugung sowie der Entwicklung von Prolapskrankungen der Lendenwirbelsäule sind begrenzt. Für eine Übersicht siehe Bolm-Audorff (2003) bzw. Seidler et al. (2003).

Braun (1969) zeigte in einer Fall-Kontroll-Studie bei 600 Fällen mit Zustand nach operiertem LWS-Prolaps und 600 beschwerdefreien Vergleichspersonen eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Höhe der Wirbelsäulenbelastung, die in Abhängigkeit vom Beruf als übermäßig (Bergleute unter Tage, Arbeiter im Steinbruch, Schmiede, Zimmerer, Hafenlöcher und Transportarbeiter), als stark (Landwirte, Seeleute, Maurer, Tischler und Straßenarbeiter) oder als normal (übrige Berufe) eingestuft wurde, und der Erkrankung.

In einer Fall-Kontroll-Studie bei 232 Patienten mit LWS-Prolaps und einer Kontrollgruppe ohne wesentliche Wirbelsäulenbeschwerden beschrieben Kelsey et al. (1984) eine positive Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Anzahl von Hebevorgängen von Lasten mit einem Lastgewicht von >25 amerikanischen Pfund (entsprechend >11,3 kg) und dem Risiko für LWS-Prolaps und zeigten in der höchsten Belastungsklasse mit >25 Hebevorgängen pro Tag ein signifikant um den Faktor 3,5 erhöhtes Risiko für LWS-Prolaps. Ferner war in derselben Studie das Risiko für LWS-Prolaps durch Heben mit krummem Rücken stärker erhöht als durch Heben mit geradem Rücken, was ebenfalls für eine Dosisabhängigkeit des Risikos spricht, weil die Druckkraft auf die Bandscheiben beim Heben mit geradem Rücken geringer ist als bei Heben mit krummem Rücken.

Hofmann et al. (1998) zeigten in einer Fall-Kontroll-Studie einen Anstieg des Risikos für LWS-Prolaps und LWS-Protrusion in Abhängigkeit von der Tätigkeitsdauer in wirbelsäulenbelastenden Berufen. Beispielsweise stieg das Risiko für LWS-Prolaps und -Protrusion bei Kranken- und Altenpflegerinnen von 1,7 (nicht signifikant) bei bis zu 10-jähriger Beschäftigung auf 3,4 ($p < 0,05$) bei über 10-jähriger Tätigkeitsdauer.

Die o.g. Studien leiden darunter, dass Angaben zur Höhe der gehobenen oder getragenen Lastgewichte bzw. zur Anzahl der Hebe- und Tragevorgänge pro Arbeitsschicht fehlen. Lediglich in der Studie von Kelsey et al. (1984) wurde die Anzahl der Hebevorgänge pro Tag klassifiziert. Die einzige Klasse mit signifikant erhöhtem Risiko für LWS-Prolaps mit >25 Hebevorgängen pro Tag ist jedoch nach oben offen, und der Studie ist nicht zu entnehmen, wie hoch der Mittelwert der Anzahl der Hebevorgänge pro Tag bei Fällen und Kontrollen war. Auch die Höhe der betrachteten Lastgewichte mit >25 amerikanischen Pfund (>11,3 kg) ist nach oben offen, und der Publikation ist nicht zu entnehmen, wie hoch der Mittelwert der gehobenen Lastgewichte bei Fällen und Kontrollen lag.

In einer eigenen (A. Seidler; G. Elsner; U. Bolm-Audorff) Fall-Kontroll-Studie (Seidler et al. 2001a,b, 2003) wurden 267 männliche Patienten mit einer akuten LWS-Prolapskrankung mit 197 Kontrollpersonen ohne wesentliche Wirbelsäulenbeschwerden verglichen. Die kumulative berufliche Belastung von Fällen und Kontrollpersonen wurde u.a. mit einer „internen Job-Expositions-Matrix“ bestimmt, die zum Ausschluss eines differentiellen Recall Bias⁸ ausschließlich die Tätigkeitsangaben der Kontrollpersonen einbezog. Wurden alle berufsspezifischen Lastgewichtshandhabungen ab einem Gewicht von 5 kg (ohne Tagesdosischwelle) und alle Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugung in die Berechnung der kumulativen Druckkraft einbezogen, dann ergaben sich in der dargestellten Studie deutlich unterschiedliche Risiken für Prolapskrankungen in Kombination mit einer fortgeschrittenen Chondrose und/oder Spondylose und für „isolierte“ Prolapskrankungen ohne Vorliegen einer fortgeschrittenen Chondrose oder Spondylose (Seidler et al. 2003): Während sich in der höchsten Expositions-kategorie (basierend auf dem berufsgruppenspezifischen arithmetischen Mit-

⁸ Recall Bias („Erinnerungsfehler“): Erinnerungsbedingte Fehleinschätzung von Expositionen in epidemiologischen Studien, v.a. in Fallkontrollstudien.

telwert der Exposition in der Kontrollgruppe) von >10 Mega-Newtonstunden für die Prolapspatienten mit fortgeschrittener Chondrose/Spondylose eine Odds Ratio von 7,4 (95%-CI 2,8–19,5) zeigte, betrug die entsprechende Odds Ratio für die Patienten mit „isolierter“ Prolapserkrankung lediglich 2,1 (95%-CI 0,9–5,2). In weiteren Auswertungen ist zu prüfen, ob sich auch in der Deutschen Wirbelsäulenstudie die Prolapsrisiken bei gemeinsamem Auftreten der Prolapserkrankung mit fortgeschrittener Chondrose oder Spondylose von den Prolapsrisiken bei „unauffälliger“ Wirbelsäule im konventionellen Röntgenbild unterscheiden; hier bietet die Deutsche Wirbelsäulenstudie die Möglichkeit, durch den Einbezug älterer Röntgenbilder auch eine Aussage zur zeitlichen Abfolge der Wirbelsäulenschäden und zur Verlaufsentwicklung machen zu können. Wurde die Belastung in der Studie von Seidler et al. (2001a,b, 2003) auf der Grundlage des MDD bestimmt, dann führte dies generell zu einer Risikosenkung bei den Exponierten, da auch in der „Null-Kategorie“ noch tatsächlich risikobehaftete Personen enthalten waren.

Die vorliegende Studie spricht in Übereinstimmung mit der Studie von Seidler et al. (2001a, 2001b, 2003) dafür, dass das MDD (Dosismodell 1) aufgrund der relativ hohen Schwellenwerte für die Druckkraft und die Tagesdosis tatsächlich mit einem Prolapsrisiko verbundene Expositionen nicht zuverlässig von nicht risikobehafteten Expositionen unterscheiden kann. Dabei ist anzumerken, dass das MDD für die Prüfung der arbeitstechnischen Voraussetzungen im Rahmen von Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren zur Berufskrankheit Nr. 2108 BKV entwickelt wurde und bestimmte Schwellenwerte für die Höhe der Druckkraft sowie die Rumpfvorneigung enthält, durch die entsprechend der Definition dieser Berufskrankheit im Ärztlichen Merkblatt (Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung 1993) die ausschließliche Berücksichtigung „schwerer Lasten“ bzw. „extremer Rumpfbeugehaltungen“ gegeben ist. Die Dosismodelle mit der besten Modelanpassung entsprechen somit hin-

sichtlich der Schwellenwerte für die Druckkraft und die Rumpfvorneigung nicht ohne weiteres der Legaldefinition der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV und dem Ärztlichen Merkblatt bezüglich der Begriffe „schwere Last“ und „extreme Rumpfbeugehaltung“.

Keine abschließende Aussage erlauben die bisherigen Auswertungen der Deutschen Wirbelsäulenstudie bezüglich der Frage, welches Prolapsrisiko Handhabungsformen wie Ziehen oder Schieben schwerer Lasten oder Schaufeln von Gütern zukommt: Eine differenzielle Aussage zu der Verbesserung der Anpassungsgüte durch den Einbezug von Handhabungsformen wie Ziehen oder Schieben schwerer Lasten oder das Schaufeln von Gütern ist lediglich für das MDD mit Anwendung des „Dortmunders“ möglich (Dosismodell 2 ohne die angegebenen Handhabungsformen, Dosismodell 3 mit den angegebenen Handhabungsformen): Hier führt der Einbezug der Handhabungsformen wie Ziehen oder Schieben schwerer Lasten oder das Schaufeln von Gütern zu einer Verbesserung der Anpassungsgüte des MDD, ohne dass die Anpassungsgüte der am besten anpassenden Dosismodelle auch nur annähernd erreicht wird. Alle „alternativen“ Dosismodelle beziehen diese Handhabungsformen mit in die Dosisberechnung ein; derzeit ist noch nicht bekannt, ob sich die Anpassungsgüte der „alternativen“ Dosismodelle bei fehlendem Einbezug dieser Handhabungsformen verschlechtern würde.

5. Schlussbemerkung

Zusammenfassend wird beim lumbalen Prolaps der Dosis-Wirkung-Zusammenhang zwischen beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und Rumpfbeugung am besten durch ein lineares Dosismodell mit gleicher Gewichtung von Belastungsintensität und Belastungsdauer abgebildet. Aus der vorliegenden Studie lässt sich kein belastbarer Hinweis auf die Notwendigkeit einer Höhergewichtung der Druckkraft ableiten. Auf der Grundlage des MDD finden sich niedrigere Prolapsrisiken als bei den am besten anpassenden Dosismodellen. Dies weist darauf hin, dass

sich in der Referenzkategorie der nach MDD nicht belasteten Beschäftigten noch mit einem Prolapsrisiko verbundene Expositionen finden. Auf der Grundlage der vorliegenden Studie sind Bandscheibendruckkräfte von mehr als 2 kN mit einem Prolapsrisiko verbunden. Demgegenüber berücksichtigt das MDD erst Bandscheiben-Druckkräfte ab 2,5 kN (bei Frauen) bzw. 3,2 kN (bei Männern). Weiterhin sind auf der Grundlage dieser Studie auch starke Rumpfvorneigungen von mindestens 75° (Dosismodell 7) mit einem Prolapsrisiko verbunden. Auf der Grundlage der Ergebnisse für Prolapserkrankungen bei Frauen könnte bereits moderaten Rumpfvorneigungen von mindestens 45° ein erhöhtes Prolapsrisiko zukommen.

Ein wesentlicher Unterschied der am besten anpassenden Dosismodelle zum MDD liegt darin, dass die am besten anpassenden Dosismodelle keinen Schwellenwert für die Tagesdosis vorsehen: Zur adäquaten Beschreibung der Prolapsrisiken müssen auf der Grundlage der Deutschen Wirbelsäulenstudie auch für Arbeitstage mit vergleichsweise geringer Schichtbelastung die Einzelbelastungen durch Tätigkeiten mit relevanter Lastenhandhabung oder Rumpfvorneigung in die Berechnung der kumulierten Lebensdosis einbezogen werden.

6. Literatur

- Agresti A (2002) *Categorical Data Analysis*. 2. Auflage, New York, Wiley & Sons
- Bolm-Audorff U (2003) *Dosiskonzepte für manuelle Lastenhandhabung – epidemiologische Grundlagen*. *Zbl Arbeitsmed* 53: 11–14
- Bolm-Audorff U, Brandenburg S, Brüning T, Dupuis H, Ellegast R, Elsner G, Franz K, Grashoff H, Grosser V, Hanisch L, Hartmann B, Hartung E, Hering KG, Heuchert G, Jäger M, Krämer J, Kranig A, Ludolph E, Luttmann A, Nienhaus A, Pieper W, Pöhl KD, Remé T, Riede D, Rompe G, Schäfer K, Schilling S, Schmitt E, Schröter F, Seidler A, Spallek M, Weber M (2005) *Medizinische Beurteilungskriterien zu bandscheibenbedingten Berufskrankheiten der Lendenwirbelsäule (I) Konsensempfehlungen zur Zusammenhangsbegutachtung der auf Anregung des HVBG eingerichteten interdisziplinären Arbeitsgruppe*. *Trauma und Berufskrankheit* 7: 211–252
- Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A (2007): *Zusammenhang zwischen manueller Lastenhandhabung und lumbaler Chondrose – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie*. *Zbl Arbeitsmed* 57: 304–316

Braun W (1969) Ursachen des lumbalen Bandscheibenvorfalles. Hippokrates-Verlag, Stuttgart

Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (1993) Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2108 Anlage 1 Berufskrankheiten-Verordnung (BKV). BArbBl Nr. 3: 50–53

Efron B, Tibshirani RJ (1998) An introduction to the bootstrap. Boca Raton, Chapman & Hall

Ellegast R, Ditchen D, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A (2007) Erhebungen zur beruflichen Wirbelsäulenexposition durch die Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger im Rahmen der Deutschen Wirbelsäulenstudie. Zbl Arbeitsmed 57: 251–263

Forster MR (2000) Key concepts in model selection: Performance and generalizability. J Mathematical Psychol 44: 205–231

Hartung E, Schäfer K, Jäger M., Luttmann A, Bolm-Audorff U, 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 Arbeiten in extremer Rumpfbeugehaltung bei Verdacht auf eine Berufskrankheit Nr. 2108, Teil 2: Vorschlag zur Beurteilung der arbeitstechnischen Voraussetzungen im Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 34: 112–122

Hartvigsen J, Bakketeig LS, Leboeuf-Yde C, Engberg A, Lauritzen T (2001) The association between physical workload and low back pain clouded by the „healthy worker“ effect: population-based cross-sectional and 5-year prospective questionnaire study. Spine 26: 1788–1792

Hofmann F, Bolm-Audorff U, Michaelis M, Nübling M, Stößel O (1998) Berufliche Wirbelsäulenerkrankungen bei Beschäftigten im Pflegeberuf – Epidemiologische und versicherungsrechtliche Aspekte, Teil 2: Die Freiburger Wirbelsäulenstudie. Versicherungsmed 50: 22–28

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

Jäger M, Geiß O, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Linhardt O, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A, Luttmann A (2007) Biomechanische Analysen zur Belastung der Lendenwirbelsäule innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie. Zbl Arbeitsmed 57: 264–276

Kelsey JL, Githens PB, White AA, Holford TR, Walter SD, O'Connor T, Ostfeld AM, Weil U,

Southwick WO, Calogero JA (1984) An epidemiological study of lifting and twisting on the job and risk for acute prolapsed lumbar intervertebral disc. J Orthop Res 2: 61–66

Linhardt O, Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A, Grifka J (2007) Studiendesign der Deutschen Wirbelsäulenstudie. Zbl Arbeitsmed 57: 243–250

Seidler A, Bolm-Audorff U, Heiskel H, Beck W, Fuchs C, Henkel N, Roth-Küver B, Schug H, Kaiser U, Elsner G (2001a) Der Einsatz des Mainz-Dortmunder Dosismodells in einer Fall-Kontroll-Studie zu den beruflichen Risiken bandscheibenbedingter Erkrankungen. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 36: 10–20

Seidler A, Bolm-Audorff U, Heiskel H, Henkel N, Roth-Küver B, Kaiser U, Bickeböller R, Wilingstorfer WJ, Beck W, Elsner G (2001b) The role of cumulative physical work load in lumbar spine disease: risk factors for lumbar osteochondrosis and spondylosis associated with chronic complaints. Occup Environ Med 58: 735–746

Seidler A, Bolm-Audorff U, Siol T, Henkel N, Fuchs C, Schug C, Leheta F, Marquard C, Schmitt E, Ulrich PT, Beck W, Missalla A, Elsner G (2003) Occupational risk factors for symptomatic lumbar disc herniation; a case-control study. Occup Environ Med 60: 821–830



Stiften wirkt.

Zum Beispiel in Schloss Paretz in Brandenburg.

Ruth Cornelsen ließ die kostbaren Papiertapeten des königlichen Landsitzes restaurieren. Sie rettete damit nicht nur die letzten erhaltenen Originale einer königlichen Innenraumgestaltung aus der Zeit um 1800, sondern mobilisierte staatliche Mittel für die komplette Sanierung des SchLOSSchens.



Die Cornelsen Kulturstiftung ist eine von rund 400 Stiftungen, die das Deutsche Stiftungszentrum im Stifterverband betreut. Seit 50 Jahren unterstützen wir Stifterinnen und Stifter bei der Stiftungsgründung und -verwaltung. Dürfen wir auch Sie anstiften?

Möchten Sie mehr erfahren?

Tel.: (02 01) 84 01 - 1 68

www.stiften-wirkt.de

Stifterverband
für die Deutsche Wissenschaft



Landesgewerbeamt, Wiesbaden¹ ■ Institut für medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik und Sektion Arbeitsmedizin, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg² ■ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin³ ■ Institut für Arbeitsmedizin, Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main⁴ ■ Orthopädische Universitätsklinik Regensburg, Bad Abbach⁵ ■ Lehrstuhl für Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz, Bergische Universität Wuppertal⁶ ■ Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund⁷ ■ Freiburger Forschungsstelle Arbeits- und Sozialmedizin⁸ ■ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Berlin⁹

Zusammenhang zwischen manueller Lastenhandhabung und lumbaler Chondrose – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie*

Ulrich Bolm-Audorff¹, Annetkatrin Bergmann², Dirk Ditchen³, Rolf Ellegast³, Gine Elsner⁴, Joachim Grifka⁵, Johannes Haerting², Friedrich Hofmann^{6,8}, Matthias Jäger⁷, Oliver Linhardt⁵, Alwin Luttmann⁷, Martina Michaelis⁸, Gabriela Petereit-Haack¹, Andreas Seidler^{4,9}

U. Bolm-Audorff, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, A. Seidler: Zusammenhang zwischen manueller Lastenhandhabung und lumbaler Chondrose – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. Zbl Arbeitsmed 57 (2007) 304–316

Schlüsselwörter: Deutsche Wirbelsäulenstudie DWS – manuelle Lastenhandhabung – lumbale Chondrose – Dosis-Wirkungs-Beziehung – Mainz-Dortmunder Dosismodell

Zusammenfassung: In einer multizentrischen populationsbezogenen Fall-Kontroll-Studie bei 351 Fällen mit lumbaler Chondrose mit Bandscheibenverschmälerung und 901 Kontrollprobanden wurde die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen beruflichen Wirbelsäulenbelastungen durch Lastenhandhabung und Rumpfbeugung sowie lumbaler Chondrose mit 10 unterschiedlichen Dosismodellen einschließlich des Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) untersucht.

Die Studie zeigt eine positive Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der kumulativen beruflichen Wirbelsäulenbelastung durch Lastenhandhabung und Rumpfbeugung auf der einen Seite und der Entwicklung einer lumbalen Chondrose bei Männern und Frauen auf der anderen Seite. Die Dosismodelle mit der besten Modellanpassung zeichnen sich durch abgesenkte Schwellenwerte für die lumbale Bandscheibendruckkraft bei Lastenhandhabung und Rumpfvorneigung im Vergleich zum MDD, fehlende Tagesdosischwelle, Berücksichtigung von zusätzlichen Formen der Lastenhandhabung wie Ziehen, Schieben, Werfen oder Fangen von Lasten und die Nutzung spezifischer biomechanischer Simulationsrechnungen für jede Belastungssituation aus.

In der höchsten Dosisklasse fand sich eine signifikant um den Faktor 3,6 erhöhte Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Männern und eine signifikant um den Faktor 1,9 erhöhte Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Frauen. Das MDD gehört nicht zu den am besten anpassenden Dosismodellen hinsichtlich der Beschreibung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung.

Relationship between manual materials handling and lumbar chondrosis – Results of the German Spine Study

U. Bolm-Audorff, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, A. Seidler: Relationship between manual materials handling and lumbar chondrosis – Results of the German Spine Study. Zbl Arbeitsmed 57 (2007) 304–316

Key words: German Spine Study EPILIFT – manual materials handling – lumbar chondrosis – dose-response relationship – Mainz-Dortmund Dose Model

Rapport entre la manipulation manuelle de charges et la chondrose lombaire – Résultats de l'étude allemande de la colonne vertébrale

U. Bolm-Audorff, A. Bergmann, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, A. Seidler: Rapport entre la manipulation manuelle de charges et la chondrose lombaire – Résultats de l'étude allemande de la colonne vertébrale. Zbl Arbeitsmed 57 (2007) 304–316

Mots clé: Etude allemande de la colonne vertébrale (DWS) – manipulation manuelle de charges (DWS) – chondrose lombaire – relation de dose-effet – modèle de dose Mainz-Dortmund.

Anschrift für die Autoren:

Prof. Dr. med. Ulrich Bolm-Audorff

Landesgewerbeamt, Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt ■ Simone-Veil-Straße 5 ■ 65197 Wiesbaden

■ Telefon: ++49+611-3309580 ■ Facsimile: ++49+611-3309537 ■ E-Mail: u.bolm-audorff@lga-rpda.hessen.de

Summary: In a population-based multi-centre case-control study on 351 cases with lumbar chondrosis with disc narrowing and 901 control subjects, the dose-response relationship was investigated between occupational exposure to manual load handling and/or working postures with trunk inclination with 10 different dose models including the Mainz-Dortmund Dose Model (MDD).

The results of the study reveal a positive dose-response relationship between, on the one hand, cumulative lumbar dose caused by load handling and working postures with trunk inclination and, on the other hand, the development of lumbar chondrosis in men as well as in women. The dose models with the best goodness of fit are characterised by reduced thresholds for lumbar disc compression regarding load handling and working postures with trunk inclination in comparison to the MDD, a missing shift-dose threshold, the consideration of other types of load handling besides lifting and carrying such as pulling, pushing, catching or throwing and the application of specific biomechanical simulation calculations for the relevant loading activities.

In the highest dose class a significantly increased odds ratio of 3.6 for lumbar chondrosis in men and 1.9 in women was found. The MDD does not belong to the most appropriate dose models for describing a dose-response relationship between occupational exposure and lumbar chondrosis.

Résumé: Dans une étude cas-témoins multicentrique portant sur une population et réalisée auprès de 351 cas atteints d'une chondrose lombaire accompagnée d'un rétrécissement du disque intervertébral et de 901 sujets témoins, la relation de dose-effet entre les stress professionnels de la colonne vertébrale entraînés par la manipulation de charges et la flexion du tronc d'une part et la chondrose lombaire d'autre part a été examinée au moyen de 10 modèles de dose différents, y compris le modèle de dose Mainz-Dortmund (MDD).

L'étude révèle une relation de dose-effet positive entre le stress professionnel cumulé de la colonne vertébrale dû à la manipulation de charges et à la flexion du tronc d'une part et l'apparition d'une chondrose lombaire chez les hommes et les femmes d'autre part. Les modèles de dose les mieux adaptés se distinguent par des valeurs seuils réduites pour la force de compression lombaire sur le disque intervertébral lors de la manipulation de charges et de l'inclinaison vers l'avant du tronc en comparaison avec le MDD, l'absence d'un seuil de dose quotidienne, la prise en compte d'autres formes de manipulation de charges (tirer, pousser, lancer ou attraper des charges) et l'utilisation de calculs de simulation biomécaniques spécifiques pour chaque activité stressante.

Dans la catégorie de dose maximum, on a constaté un odds ratio significativement accru pour la chondrose lombaire de 3,6 chez les hommes et de 1,9 chez les femmes. Le MDD ne rentre pas dans la catégorie des modèles de dose les mieux adaptés pour décrire la relation de dose-effet entre l'exposition professionnelle et la chondrose lombaire.

1. Einleitung

Nach der Ergänzung der Berufskrankheitenliste um die Berufskrankheit Nr. 2108 BKV im Jahr 1993 wurden verschiedene Modelle entwickelt, die teilweise weit voneinander abweichende berufliche Mindestbelastungen der Wirbelsäule forderten, ehe die tätigkeitsbedingten Voraussetzungen für diese Berufskrankheit bejaht wurden (Pangert & Hartmann 1991; Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Hrsg. 1993; Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege, Hrsg. 1994; Großhandels- und Lagerei-Berufsgenossenschaft, Hrsg. 1995; Hartung & Dupuis 1994). Zur Überwindung dieser unterschiedlichen Ansätze hat seit 1996 eine Arbeitsgruppe, bestehend aus Technischen Aufsichtspersonen der hauptsächlich von der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV betroffenen Bau-, Transport-, Metall- und Gesundheits-Berufsgenossenschaften sowie verschiedenen Fachwissenschaftlern, ein Konsensus-Modell erarbeitet, das 1999 als Mainz-

Dortmunder Dosismodell (MDD) veröffentlicht wurde (Jäger et al. 1999; Hartung et al. 1999). Das MDD basierte auf einer Auswertung epidemiologischer Studien in drei Berufsgruppen (Transportarbeiter im Hafenumschlag, Betonbauer im Hochbau und Krankenschwestern), von denen ein signifikant erhöhtes Risiko in Bezug auf die Entwicklung bandscheibenbedingter Wirbelsäulenerkrankungen bekannt ist (Bolm-Audorff 1993). Die Angaben über die Höhe und Dauer der beruflichen Wirbelsäulenbelastungen in den drei genannten Berufsgruppen wurden nach publizierten Angaben sowie eigenen Ermittlungen der Arbeitsgruppenmitglieder bewertet. Daraus wurde eine Beurteilungsdosis D_T von $5,5 \cdot 10^3$ Nh pro Schicht bei Männern und $3,5 \cdot 10^3$ Nh pro Schicht bei Frauen abgeleitet: Oberhalb dieser Richtwerte wurde die berufliche Tätigkeit als belastend im Sinne der BK Nr. 2108 BKV angesehen. Die Autoren des MDD haben ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dieses Modell einer wei-

teren Validierung bedürfe. Das Mainz-Dortmunder Dosismodell ist nach der Veröffentlichung im Jahre 1999 aus arbeitsmedizinischer und juristischer Sicht kritisiert worden (Liebers & Caffier 2001; Becker 2001). Zur Erwidern der MDD-Autoren siehe Jäger et al. (2002) und Schäfer et al. (2002). Dagegen hat die Rechtsprechung das Mainz-Dortmunder Dosismodell überwiegend positiv aufgenommen. So kam das Bundessozialgericht in den Urteilen vom 18. März 2003 (Az.: B 2 U 13/02 R) und 19. August 2003 (Az.: B 2 U 1/02 R) zu dem Ergebnis, dass das Mainz-Dortmunder Dosismodell ein geeignetes Modell darstelle, um die kritische Belastungsdosis eines Versicherten zu ermitteln.

Angesichts dieser Ausgangslage hat der Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften die vorliegende epidemiologische Fall-Kontroll-Studie zur Untersuchung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen bei der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV ausgeschrieben, in der u.a. das Mainz-Dortmunder Dosismo-

dell validiert werden soll. Die vorliegende Studie ist daraufhin konzipiert, auf der Grundlage einer differenzierten, durch Experteneinschätzung abgesicherten Ermittlung der beruflichen Belastungen den Zusammenhang zwischen definierten kumulativen Belastungen der Wirbelsäule und der Diagnose einer bandscheibenbedingten Erkrankung der Lendenwirbelsäule bei Männern und Frauen zu untersuchen. Als Forschungsergebnis soll ein epidemiologisch begründeter Vorschlag zu einem Verfahren der Belastungsermittlung und Risikobewertung für Männer und Frauen erarbeitet werden. Dieser Vorschlag orientiert sich an dem im Mainz-Dortmunder Dosismodell entwickelten Verfahren und beinhaltet gegebenenfalls erforderliche Modifikationen. Die Studie zeichnet sich neben ihrer Größe durch die standardisierte, expertengestützte Erhebung beruflicher Belastungsfaktoren durch die Technischen Aufsichtsdienste, durch spezifische biomechanische Modellrechnungen zur Quantifizierung der Lendenwirbelsäulenbelastung für Einzeltätigkeiten, durch die Prüfung verschiedener Dosismodelle zur Beschreibung der kumulativen Wirbelsäulenbelastung sowie durch die Berücksichtigung eines umfassenden Spektrums potentieller Einflussfaktoren auf die Entstehung bandscheibenbedingter Erkrankungen aus. Auf der Grundlage dieser differenzierten Belastungsermittlung ist es unter anderem auch möglich, unterschiedliche Modelle zur Belastungskumulation zu prüfen, um ein geeignetes Verfahren zur Abbildung des Erkrankungsrisikos für bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule zu identifizieren.

2. Methodik

Bei der Studie handelt es sich um eine multizentrische Fall-Kontroll-Studie in den klinischen Erhebungszentren Frankfurt am Main, Freiburg, Halle und Regensburg bei 915 Fällen mit bandscheibenbedingter Erkrankung der LWS (Fallgruppe 1: 286 Männer mit LWS-Prolaps, Fallgruppe 2: 278 Frauen mit LWS-Prolaps, Fallgruppe 3: 145 Männer mit LWS-Chondrose mit Bandscheibenverschmälerung und Fallgruppe 4:

206 Frauen mit LWS-Chondrose und Bandscheibenverschmälerung) sowie einer Kontrollgruppe von 901 Probanden (453 Männer und 448 Frauen). Die Ergebnisse zum lumbalen Prolaps sind Seidler et al. (2007a) zu entnehmen. Details der Fallgruppendefinition, der Rekrutierung der Fälle und Kontrollen sowie der radiologischen und klinischen Zweitbeurteilung wurden von Linhardt et al. (2007) dargestellt.

Bei Fällen und Kontrollen wurde ein ca. 1,5-stündiges Erstinterview durch geschulte Interviewerinnen und bei einem Teil der Probanden mit einer bestimmten Expositionshöhe oberhalb festgelegter Schwellen ein ca. zweistündiges Interview durch den Technischen Aufsichtsdienst der Unfallversicherungsträger zur Höhe der beruflichen Belastung durch Lastenhandhabung und Rumpfbeugung durchgeführt (Zweitinterview, TAD-Interview, Ellegast et al. 2007). Anschließend erfolgte auf der Grundlage des TAD-Interviews eine Berechnung der Wirbelsäulenbelastung für alle Belastungssituationen mit Hilfe biomechanischer Simulationsrechnungen („Der Dortmunder“, Jäger et al. 2000) sowie der kumulativen Dosis nach 10 unterschiedlichen Dosismodellen einschließlich des MDD (Jäger et al. 2007). Die Responderate bei den Fällen lag bei 66,4% und bei den Kontrollen bei 53,4%.

Zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen kumulativer Dosis und Chondrose wurden Odds Ratios mit Hilfe der unkonditionalen logistischen Regressionsanalyse berechnet und für Confounder wie Alter, Studienzentrum und psychosoziale Belastungen adjustiert. Ferner wurden folgende Confounder geprüft und nicht in das finale Modell einbezogen, weil sie entweder nicht mit der Gesamtdosis nach dem MDD (Dosismodell 1, Jäger et al. 2007) oder dem Dosismodell mit den niedrigsten Erhebungsschwellen (Dosismodell 4) relevant korrelierten bzw. die Odds Ratio nicht zu mindestens 10% änderten: *Body Mass-Index*, Körpergröße, Rauchen (Packungsjahre), sportliche Belastungen, andere Wirbelsäulenerkrankungen (z.B. Skoliose, Morbus Bechterew, Morbus Scheuermann, Spondylolisthe-

sis, Übergangswirbel) und Ganzkörperschwingungen. Die Güte der Modellanpassung wurde mit dem *Akaike-Information-Kriterium* (AIC) und dem *Bootstrap-Experiment* (Agresti 2002; Efron & Tibshirani 1998) geprüft. Diese statistischen Maße werden in dem Beitrag von Seidler et al. (2007a) erläutert. Aus den annähernd gleichwertigen Dosismodellen wurden die besten Dosismodelle nach den Plausibilitätskriterien Geschlecht (Vermeidung unterschiedlicher Dosismodelle bei Männern und Frauen), Monotonie (treppenförmiger Anstieg der Dosis-Wirkungs-Beziehung), Einfachheit (einfache Berechnungsgrundlage des Dosismodells) und Spezifität (möglichst geringer Prozentsatz von Kontrollen in der höchsten Dosisklasse) ausgewählt. Einzelheiten der Auswertung finden sich bei Seidler et al. (2007a).

Vor der Durchführung der Dosis-Wirkungs-Analysen wurden die verschiedenen von Jäger et al. (2007) beschriebenen Dosismodelle hinsichtlich der Güte der Modellanpassung geprüft. Dabei wurde nach einem a priori festgelegten Verfahren (siehe Seidler et al. 2007) eine Kategorisierung der Dosiswerte vorgenommen und die Untersuchungen zur Güte der Modellanpassung für die 10 Dosismodelle jeweils mit und ohne Bildung einer „Hochdosis-kategorie“ durchgeführt. Für die am besten anpassenden Dosismodelle wurden dann weitere Analysen zu Dosis-Wirkungs-Beziehungen durchgeführt, die im Ergebniskapitel beschrieben sind. Tabelle 1 zeigt die Bewertung der verschiedenen Modelle für die beiden hier untersuchten Fallgruppen 3 und 4 (Männer bzw. Frauen mit lumbaler Chondrose). Die Zahlenwerte in Spalte 2 und 5 der Tabelle 1 entsprechen dem AIC-Wert und geben die Güte der Anpassung der verschiedenen Dosismodelle wieder. Dabei ist zu beachten, dass mit Abnahme des AIC-Wertes die Güte der Modellanpassung steigt.

Nach den Ergebnissen des *Akaike-Information-Kriterium* und des *Bootstrap-Experiments* zeigten folgende Dosismodelle eine annähernd gleich gute Modellanpassung (unterstrichen jeweils das Dosismodell mit der besten Modellanpassung):

Tabelle 1: Bewertung der Dosismodelle gemäß Akaike-Information-Kriterium und Bootstrap-Experiment

FG=Fallgruppe, FG 3: Männer mit LWS-Chondrose, FG 4: Frauen mit LWS-Chondrose, MDD=Mainz-Dortmunder Dosismodell, DM=Dosismodell, D=Dosismodell mit Hochdosiskategorie, D ohne HD=Dosismodell ohne Hochdosiskategorie, KH+L=Dosismodell mit getrennter Betrachtung der Wirbelsäulenbelastung durch Körperhaltung und Lastenhandhabung. Dunkel unterlegt: annähernd gleichwertige beste Modelle

Table 1: Assessment of the dose models according to Akaike information criterion and Bootstrap experiment

FG=Case group, FG 3: Men with lumbar chondrosis, FG 4: Women with lumbar chondrosis, MDD=Mainz-Dortmund Dose Model, DM=Dose model, D=Dose model with high dosage category, D without HD=Dose model without high dosage category, KH+L=Dose model with separate consideration of lumbar load due to body posture and load handling. Dark background: approximately equivalent best models

Tableau 1: Evaluation des modèles de dose selon le critère d'information d'Akaike et la méthode du bootstrap.

FG=Groupe de cas, FG 3 : Hommes souffrant d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire, FG 4 : Femmes atteintes d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire, MDD=Modèle de dose Mainz-Dortmund, DM=Modèle de dose, D=Modèle de dose avec catégorie de dose élevée, D ohne HD=Modèle de dose sans catégorie de dose élevée, KH+L=Modèle de dose avec examen séparé de la sollicitation de la colonne vertébrale due à l'attitude corporelle et à la manipulation de charges. Les meilleurs modèles comparables apparaissent sur fond foncés.

Dosismodell	FG 3	Rang	FG 4	Rang	Rangsumme
1 (MDD mit Druckkraft-Schätzung), D	635,2	13	737,9	29	42
2 (MDD mit „Dortmunder“), D	642,8	32	743,0	30	62
3 (MDD mit „Dortmunder“, D ohne HD	640,8	30	743,0	30	60
3 (MDD mit „Dortmunder“ inkl. Ziehen), D	642,8	32	743,0	30	62
3 (MDD mit „Dortmunder“ inkl. Ziehen), D ohne HD	641,1	31	743,0	30	61
4 (DM ohne Schwellen), KH+L	636,6	22	723,1	3	25
4 (DM ohne Schwellen), KH+L ohne HD	635,7	19	721,8	1	20
4 (DM ohne Schwellen), D	628,1	2	726,2	7	9
4 (DM ohne Schwellen), D ohne HD	626,1	1	724,5	5	6
5 (DM schwellenarm) KH + L	638,7	27	729,2	20	47
5 (DM schwellenarm), KH + L ohne HD	637,2	24	727,2	11	35
5 (DM schwellenarm), D	632,7	7	726,8	8	15
5 (DM schwellenarm), D ohne HD	630,7	4	725,2	6	10
6 (DM rel. schwellenarm), KH + L	636,3	21	730,1	23	44
6 (DM rel. schwellenarm), KH + L ohne HD	634,4	12	728,7	17	29
6 (DM rel. schwellenarm), D	632,0	6	723,9	4	10
6 (DM rel. schwellenarm), D ohne HD	630,4	3	722,1	2	5
7 (lineares DM schwellenarm), KH + L	637,7	25	730,5	25	50
7 (lineares DM schwellenarm), KH + L ohne HD	635,6	17	727,4	12	29
7 (lineares DM schwellenarm), D	635,2	13	729,7	21	34
7 (lineares DM schwellenarm), D ohne HD	633,4	8	728,5	16	24
8 (kubisches DM schwellenarm), KH + L	638,8	28	733,6	27	55
8 (kubisches DM schwellenarm), KH+L ohne HD	635,9	20	729,8	22	42
8 (kubisches DM schwellenarm), D	635,4	15	728,8	18	33
8 (kubisches DM schwellenarm), D ohne HD	633,5	10	726,9	9	19
9 (tetradisches DM schwellenarm), KH + L	637,7	26	733,8	28	54
9 (tetradisches DM schwellenarm) KH + L ohne HD	635,6	17	730,2	24	41
9 (tetradisches DM schwellenarm), D	635,4	15	728,3	15	30
9 (tetradisches DM schwellenarm), D ohne HD	633,4	8	727,1	10	18
10 (wurzellooses DM schwellenarm), KH + L	640,0	29	731,0	26	55
10 (wurzellooses DM rel. schw.arm), KH + L ohne HD	636,9	23	727,4	13	36
10 (wurzellooses DM schwellenarm), D	633,6	11	729,1	19	30
10 (wurzellooses DM schwellenarm), D ohne HD	631,6	5	727,6	14	19

- Männer mit lumbaler Chondrose:
 - Dosismodell 4 ohne Hochdosis-kategorie
 - Dosismodell 4 mit Hochdosis-kategorie
- Frauen mit lumbaler Chondrose:
 - Dosismodell 4 ohne Hochdosis-kategorie mit getrennter Betrachtung der Körperhaltung und Lastenhandhabung
 - Dosismodell 6 ohne Hochdosis-kategorie
 - Dosismodell 4 mit Hochdosis-kategorie und getrennter Betrachtung der Körperhaltung und Lastenhandhabung

Zwischen der kumulativen Dosis nach Dosismodell 4 mit und ohne Hochdosis-kategorie und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Männern fand sich eine monoton ansteigende Dosis-Wirkungs-Beziehung mit einer signifikant um den Faktor 3,2 bzw. 3,6 erhöhten Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse. Auch zwischen der kumulativen Dosis nach dem MDD (Dosismodell 1) und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Männern war eine positive Dosis-Wirkungs-Beziehung nachweisbar. Die Odds Ratio stieg in der zweithöchsten Dosisklasse signifikant auf 3,0 an. In der höchsten Dosisklasse dagegen fand sich ein Abfall der Odds Ratio, die nicht signifikant um den Faktor 1,6 erhöht war.

Zwischen der kumulativen Dosis nach Dosismodell 6 und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Frauen (Tabelle 3) war ebenfalls eine positive Dosis-

Wirkungs-Beziehung mit einem Anstieg der Odds Ratio bis zur zweithöchsten Dosisklasse, in der die Odds Ratio signifikant um den Faktor 2,5 erhöht war, nachweisbar. In der höchsten Dosisklasse sank das Risiko ab, blieb jedoch mit 1,9 signifikant erhöht (Tabelle 3a). Die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Gesamtdosis ohne Hochdosis-kategorie getrennt für Belastung durch Rumpfbeugung und Lastenhandhabung nach Dosismodell 4 ist in Tabelle 3b dargestellt. Zwischen der Gesamtdosis durch Rumpfvorneigung und der Odds Ratio zeigte sich kein Zusammenhang. Zwischen der Gesamtdosis durch Lastenhandhabung und der Odds Ratio bestand eine Dosis-Wirkungs-Beziehung mit einem Anstieg bis zur zweithöchsten Dosisklasse mit einer signifikant um den Faktor 3,0 erhöhten Odds Ratio, die in der höchsten Dosisklasse auf 1,9

3. Ergebnisse

Die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen kumulativer Dosis und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Männern ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Gesamtdosis nach den am besten anpassenden Dosismodellen (2a und 2b) bzw. dem MDD (2c) und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Männern

F=Fälle, K=Kontrollen, adjustierte OR=für Alter und Studienzentrum adjustierte Odds Ratio, das finale Modell enthält darüber hinausgehend keine weiteren Confounder, 95%-CI=95%-Konfidenzintervall, DM=Dosismodell

Table 2: Dose-response relationship between the total dose according to the most appropriate dose models (2a and 2b) as well as the MDD (2c) and the odds ratio for lumbar chondrosis in men

F=Cases, K=Controls, adjusted OR=Odds ratio adjusted for age and region, the final model contains no further confounders beyond this, 95%-CI=95% confidence interval, DM=Dose model

Tableau 2: Relation de dose-effet entre la dose globale selon les modèles de dose les mieux adaptés (2a et 2b) voire selon le MDD (2c) et l'odds ratio pour la chondrose lombaire chez les hommes.

F=Cas, K=Témoins, adjustierte OR=Odds ratio ajusté selon l'âge et le centre d'étude, le modèle final ne comprend aucun autre confondateur supplémentaire, 95%-CI=Intervalle de confiance de 95%, DM=Modèle de dose.

Gesamtdosis	F	%	K	%	Adjustierte OR (95%-CI)
2a. Gesamtdosis ohne Hochdosis-kategorie nach Dosismodell 4 (DM ohne Schwellen mit Einbeziehung von Belastungen durch Rumpfvorneigung ab 20° und durch Handhabung von Lasten ab ca. 5 kg)					
<4,97 *10 ⁶ Nh	27	18,6	159	35,1	1,0
(4,97 – <21,52) *10 ⁶ Nh	31	21,4	147	32,5	1,6 (0,9–2,8)
≥21,52 *10 ⁶ Nh	87	60,0	147	32,5	3,2 (1,9–5,5)
2b. Gesamtdosis mit Hochdosis-kategorie nach Dosismodell 4 (DM ohne Schwellen mit Einbeziehung von Belastungen durch Rumpfvorneigung ab 20° und durch Handhabung von Lasten ab ca. 5 kg)					
<4,97 *10 ⁶ Nh	27	18,6	159	35,1	1,0
(4,97 – <21,52) *10 ⁶ Nh	31	21,4	147	32,5	1,6 (0,9–2,8)
(21,52 >82,90) *10 ⁶ Nh	68	46,9	124	27,4	3,2 (1,8–5,5)
≥ 82,90 *10 ⁶ Nh	19	13,1	23	5,1	3,6 (1,6–7,8)
2c. Gesamtdosis nach dem MDD (Dosismodell 1)					
0 Nh	93	64,8	361	79,7	1,0
(>0 – <4,22) *10 ⁶ Nh	11	7,6	30	6,6	1,4 (0,7–3,1)
(4,22 – <21,27) *10 ⁶ Nh	24	16,6	31	6,8	3,0 (1,6–5,5)
≥21,27 *10 ⁶ Nh	17	11,7	31	6,8	1,6 (0,8–3,1)

Tabelle 3: Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis nach den am besten anpassenden Dosismodelle (3a-c) bzw. dem MDD (3d) und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Frauen

F=Fälle, K=Kontrollen, adjustierte OR₁=für Alter und Region adjustierte Odds Ratio, adjustierte OR₂=Odds Ratio, adjustiert für psychosoziale berufliche Belastungen (Arbeitsintensität, Tätigkeitsspielraum) am Arbeitsplatz sowie für Alter und Region, 95%-CI=95%-Konfidenzintervall, DM=Dosismodell

Table 3: Dose-response relationship between the total dose according to the most appropriate dose models (3a-3c) as well as the MDD (3d) and the odds ratio for lumbar chondrosis in women

F=Cases, K=Controls, adjusted OR =Odds ratio adjusted for age and region, adjusted OR =Odds ratio adjusted for psychosocial strain at work (work intensity, freedom of action) and for age and region, 95%-CI=95% confidence interval, DM=Dose model

Tableau 3: Relation de dose-effet entre la dose globale selon les modèles de dose les mieux adaptés (3a-c) voire selon le MDD (3d) et l'odds ratio pour la chondrose lombaire chez les femmes.

F=Cas, K=Témoins, adjustierte OR₁=Odds ratio ajusté selon l'âge et à la région, adjustierte OR₂=Odds ratio ajusté selon les stress professionnels psychosociaux (intensité du travail, marge d'activité) sur le lieu de travail ainsi que selon l'âge et la région, 95%-CI=Intervalle de confiance de 95%, DM=Modèle de dose.

Gesamtdosis	F	%	K	%	Adjustierte OR ₁ (95%-CI)	Adjustierte OR ₂ (95%-CI)
3a. Gesamtdosis ohne Hochdosiskategorie nach Dosismodell 6 (DM mit leicht abgesenktem Schwellenwert bezüglich der Rumpfvorneigung von mindestens 75° und deutlich abgesenktem Schwellenwert bezüglich der Druckkraft von mindestens 2 kN)						
0 Nh	60	29,1	215	48,0	1,0	1,0
(>0 – <1,86) * 10 ⁶ Nh	24	11,7	77	17,2	1,5 (0,8–2,7)	1,3 (0,7–2,3)
(1,86 – <9,07) * 10 ⁶ Nh	56	27,2	78	17,4	3,2 (2,0–5,3)	2,5 (1,5–4,2)
≥9,07 * 10 ⁶ Nh	66	32,0	78	17,4	2,5 (1,6–4,0)	1,9 (1,2–3,1)
3b. Gesamtdosis ohne Hochdosiskategorie durch Rumpfbeugung und durch Lastenhandhabung nach Dosismodell 4 (DM ohne Schwellen mit Einbeziehung einer Belastung durch Rumpfvorneigung ab 20° und Handhabung von Lasten ab ca. 5 kg)						
Gesamtdosis durch Rumpfbeugung	F	%	K	%	Adjustierte OR ₁ (95%-CI)	Adjustierte OR ₂ (95%-CI)
0 Nh	61	29,6	206	46,0	1,0	1,0
(>0 – <2,77) * 10 ⁶ Nh	24	11,7	80	17,9	0,8 (0,4–2,0)	0,7 (0,3–1,7)
(2,77 – <8,83) * 10 ⁶ Nh	45	21,8	81	18,0	1,0 (0,4–2,3)	0,8 (0,3–1,9)
≥ 8,83 * 10 ⁶ Nh	76	36,9	81	18,0	1,4 (0,6–3,2)	1,1 (0,5–2,7)
Gesamtdosis durch Lastenhandhabung						
0 Nh	61	29,6	218	48,7	1,0 -	1,0 -
(<0 – <1,58) * 10 ⁶ Nh	20	9,7	76	17,0	1,4 (0,6–3,3)	1,3 (0,5–3,3)
(1,58 – <9,06) * 10 ⁶ Nh	62	30,1	77	17,2	3,2 (1,4–7,3)	3,0 (1,3–6,8)
≥9,06 * 10 ⁶ Nh	63	30,6	77	17,2	2,0 (0,9–4,7)	1,9 (0,8–4,4)
3c. Gesamtdosis mit Hochdosiskategorie durch Rumpfbeugung und durch Lastenhandhabung nach Dosismodell 4 (DM ohne Schwellen mit Einbeziehung einer Belastung durch Rumpfvorneigung ab 20° und Handhabung von Lasten ab ca. 5 kg)						
Gesamtdosis durch Rumpfbeugung	F	%	K	%	Adjustierte OR ₁ (95%-CI)	Adjustierte OR ₂ (95%-CI)
0 Nh	61	29,6	206	46,0	1,0	1,0
(>0 – <2,77) * 10 ⁶ Nh	24	11,7	80	17,9	0,8 (0,3–2,0)	0,7 (0,3–1,7)
(2,77 – <8,83) * 10 ⁶ Nh	45	21,8	81	18,0	1,0 (0,4–2,2)	0,8 (0,3–1,9)
(8,83 <23,48) * 10 ⁶ Nh	43	20,9	58	12,9	1,1 (0,5–2,8)	1,0 (0,4–2,4)
≥23,48 * 10 ⁶ Nh	33	16,0	23	5,1	1,9 (0,8–5,0)	1,5 (0,6–4,0)
Gesamtdosis durch Lastenhandhabung	F	%	K	%	Adjustierte OR ₁ (95%-CI)	Adjustierte OR ₂ (95%-CI)
0 Nh	61	29,6	218	48,7	1,0 -	1,0
(<0 – <1,58) * 10 ⁶ Nh	20	9,7	76	17,0	1,4 (0,6–3,3)	1,4 (0,6–3,3)
(1,58 – <9,06) * 10 ⁶ Nh	62	30,1	77	17,2	3,3 (1,4–7,5)	3,0 (1,3–6,9)
(≥9,06-<25,51)*10 ⁶ Nh	40	19,4	54	12,1	1,9 (0,8–4,8)	1,8 (0,7–4,4)
≥25,51 * 10 ⁶ Nh	23	11,2	23	5,1	2,3 (0,9–6,0)	2,1 (0,8–5,7)
3d. Gesamtdosis nach dem MDD (Dosismodell 1)						
Gesamtdosis	F	%	K	%	Adjustierte OR ₁ (95%-CI)	Adjustierte OR ₂ (95%-CI)
0 Nh	155	75,2	380	84,8	1,0 -	1,0 -
(>0 – <4,04) * 10 ⁶ Nh	15	7,3	22	4,9	2,0 (0,9–4,2)	1,8 (0,8–3,8)
(4,04 – <14,47) * 10 ⁶ Nh	22	10,7	23	5,1	2,9 (1,5–5,8)	2,6 (1,3–5,4)
≥14,47 * 10 ⁶ Nh	14	6,8	23	5,1	1,2 (0,6–2,4)	0,8 (0,4–1,8)

Tabelle 4: Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis nach Dosismodell 4 (Dosismodell ohne Schwellen, d.h. mit Einbeziehung der Rumpfvorneigung ab 20° und Lastenhandhabung ab etwa 5 kg) sowie der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Männern, getrennt für das Vorliegen von motorischen oder sensomotorischen Ausfällen (4a), sensiblen Ausfällen (4b) oder lokalem LWS-Syndrom (4c)

F=Fälle, K=Kontrollen, adjustierte OR=für Alter und Studienzentrum adjustierte Odds Ratio, das finale Modell enthält darüber hinaus keine weiteren Confounder, 95%-CI=95%-Konfidenzintervall

Table 4: Dose-response relationship between the total dose according to dose model 4 (dose model without thresholds, i.e. with inclusion of trunk inclination of 20° or more and handling of loads of about 5 kg or more) and the odds ratio for lumbar chondrosis in men, separately for motor nerve failure (4a), sensor nerve failure (4b) or local lumbar syndrome (4c)

F=Cases, K=Controls, adjusted OR=Odds ratio adjusted for age and region, the final model contains no further confounders beyond this, 95%-CI=95% confidence interval, DM=Dose model

Tableau 4: Relation de dose-effet entre la dose globale selon le modèle de dose 4 (modèle de dose sans seuils, c'est-à-dire incluant l'inclinaison vers l'avant du tronc à partir de 20° et une manipulation de charges à partir d'environ 5 kg) et l'odds ratio pour la chondrose lombaire chez les hommes avec une division en déficiences motrices ou sensomotrices (4a), déficiences de la sensibilité (4b) ou syndrome local de la colonne vertébrale lombaire (4c).

F=Cas, K=Témoins, adjustierte OR= Odds ratio ajusté selon l'âge et le centre d'étude, le modèle final ne comprend aucun autre confondateur supplémentaire, 95%-CI=Intervalle de confiance de 95%.

Gesamtdosis	F	%	K	%	Adjustierte OR (95%-CI)
4a. Nur Fälle mit motorischen oder sensomotorischen Ausfällen					
<4,97 *10 ⁶ Nh	6	13,3	159	35,1	1,0
(4,97 – <21,52) *10 ⁶ Nh	4	8,9	147	32,5	0,9 (0,3–3,5)
≥21,52 *10 ⁶ Nh	35	77,8	147	32,5	5,5 (2,1–14,3)
4b. Nur Fälle mit sensiblen Ausfällen					
<4,97 *10 ⁶ Nh	4	12,1	159	35,1	1,0
(4,97 – <21,52) *10 ⁶ Nh	5	15,2	147	32,5	1,3 (0,3–5,0)
≥21,52 *10 ⁶ Nh	24	72,7	147	32,5	5,2 (1,7–16,2)
4c. Nur Fälle mit lokalem LWS-Syndrom					
<4,97 *10 ⁶ Nh					
(4,97 – <21,52)*10 ⁶ Nh	22	33,3	147	32,5	2,0 (1,0–4,1)
≥21,52 *10 ⁶ Nh	27	40,9	147	32,5	1,6 (0,8–3,3)

(nicht signifikant) sank. In Tabelle 3c ist die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis mit Hochdosiskategorie durch Rumpfvorneigung und Lastenhandhabung nach Dosismodell 4 und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Frauen dargestellt. Eine signifikant erhöhte Odds Ratio durch Belastung durch Rumpfvorneigung fand sich nicht. Lediglich in der höchsten Dosisklasse bestand eine nicht signifikant um den Faktor 1,5 erhöhte Odds Ratio. Zwischen der Gesamtdosis durch Lastenhandhabung und der Odds Ratio zeigte sich eine Dosis-Wirkung-Beziehung mit einem Anstieg bis zur dritthöchsten Dosisklasse mit einer signifikant um den Faktor 3,0 erhöhten Odds Ratio, während diese in der zweithöchsten und höchsten Dosisklasse nicht signifikant um den Faktor 1,8 und 2,1 erhöht war. Auch zwischen der kumulativen Dosis nach dem MDD (Dosismodell 1) und

der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Frauen zeigte sich eine positive Dosis-Wirkung-Beziehung mit einem Anstieg der Odds Ratio bis zur zweithöchsten Dosisklasse, in der die Odds Ratio signifikant um den Faktor 2,6 erhöht war. In der höchsten Dosisklasse dagegen fiel die Odds Ratio deutlich ab und war nicht signifikant auf 0,8 erniedrigt (Tabelle 3d).

Die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Männern und Frauen, getrennt für das Vorliegen von motorischen oder sensomotorischen Ausfällen, sensiblen Ausfällen oder lokalem LWS-Syndrom zeigen die Tabellen 4 und 5. Dargestellt ist jeweils nur die Dosis-Wirkung-Beziehung für die Dosismodelle 4 und 6 mit der besten Modellanpassung (siehe Diskussion). Zwischen der Gesamtdosis nach Dosismodell 4 und der Odds Ratio für lumba-

le Chondrose bei Männern fand sich bei Fällen mit motorischen oder sensomotorischen Ausfällen eine signifikant um den Faktor 5,5 erhöhte Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse. Nahezu dasselbe Ergebnis zeigte sich bei Fällen mit sensiblen Ausfällen mit einer um den Faktor 5,2 signifikant erhöhten Odds Ratio. Dagegen ist die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen Gesamtdosis und lumbaler Chondrose mit lokalem LWS-Syndrom weniger deutlich. In der zweithöchsten Dosisklasse ist die Odds Ratio grenzwertig signifikant um den Faktor 2 erhöht und in der höchsten Dosisklasse nicht signifikant um den Faktor 1,6 erhöht (Tabelle 4).

In Tabelle 5 ist dargestellt, dass sich die klarste Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen kumulativer Gesamtdosis nach Dosismodell 6 und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Frauen bei Fällen mit sensiblen Ausfällen zeigte. Die

Tabelle 5: Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis nach Dosismodell 6 (Dosismodell mit leicht abgesenktem Schwellenwert für Rumpfvorneigung ab 75° und deutlich abgesenkter lumbaler Druckkraftschwelle ab 2 kN) sowie der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Frauen, getrennt für das Vorliegen von motorischen oder sensomotorischen Ausfällen (5a), sensiblen Ausfällen (5b) oder lokalem LWS-Syndrom (5c)

F=Fälle, K=Kontrollen, adjustierte OR=Odds Ratio, adjustiert für Alter und Region sowie für psychosoziale berufliche Belastungen (Arbeitsintensität, Tätigkeitsspielraum) am Arbeitsplatz

Table 5: Dose-response relationship between the total dose according to dose model 6 (dose model with a slightly reduced threshold for trunk inclination of at least 75° and a clearly reduced threshold for lumbar compression of at least 2 kN) and the odds ratio for lumbar chondrosis in women, separately for motor nerve failure (5a), sensor nerve failure (5b) or local lumbar syndrome (5c)

F=Cases, K=Controls, adjusted OR=Odds ratio adjusted for age and region, and for psychosocial strain at work (work intensity, freedom of action)

Tableau 5: Relation de dose-effet entre la dose globale selon le modèle de dose 6 (modèle de dose avec une valeur seuil légèrement réduite pour l'inclinaison vers l'avant du tronc à partir de 75° et un seuil de force de compression lombaire nettement réduit à partir de 2 kN) et l'odds ratio pour la chondrose lombaire chez les femmes, avec une division en déficiences motrices ou sensomotrices (5a), déficiences de la sensibilité (5b) ou syndrome local de la colonne vertébrale lombaire (5c).

F=Cas, K=Témoins, adjustierte OR=Odds ratio ajusté selon l'âge et la région ainsi que selon les stress professionnels psychosociaux (intensité du travail, marge d'activité) sur le lieu de travail.

Gesamtdosis	F	%	K	%	Adjustierte OR (95%-CI)
5a. Nur Fälle mit motorischen oder sensomotorischen Ausfällen					
0 Nh	17	32,7	215	48,0	1,0
(>0 – <1,86) *10 ⁶ Nh	7	13,5	77	17,2	1,3 (0,5–3,4)
(1,86 – <9,07) *10 ⁶ Nh	14	26,9	78	17,4	2,1 (0,9–4,8)
≥9,07 *10 ⁶ Nh	14	26,9	78	17,4	1,2 (0,5–2,7)
5b. Nur Fälle mit sensiblen Ausfällen					
0 Nh	7	17,5	215	48,0	1,0
(>0 – <1,86) *10 ⁶ Nh	7	17,5	77	17,2	2,8 (0,9–9,0)
(1,86 – <9,07) *10 ⁶ Nh	8	20,0	78	17,4	2,9 (1,0–9,0)
≥9,07 *10 ⁶ Nh					
5c. Nur Fälle mit lokalem LWS-Syndrom					
0 Nh	34	30,4	215	48,0	1,0
(>0 – <1,86) *10 ⁶ Nh	10	8,9	77	17,2	0,9 (0,4–2,1)
(1,86 – <9,07) *10 ⁶ Nh	34	30,4	78	17,4	2,8 (1,5–5,2)
≥9,07 *10 ⁶ Nh	34	30,4	78	17,4	1,9 (1,0–3,4)

Odds Ratio ist hier in der höchsten Dosisklasse signifikant um den Faktor 3,3 erhöht. Dagegen ist die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen kumulativer Dosis und Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Frauen mit motorischen oder sensomotorischen Ausfällen bzw. lokalem LWS-Syndrom weniger deutlich.

Bei der Interpretation der Tabellen 4 und 5 ist zu berücksichtigen, dass die Fallzahlen bei Aufteilung der Fälle in Abhängigkeit von motorischen oder sensomotorischen Ausfällen, sensiblen Ausfällen oder lokalem LWS-Syndrom relativ niedrig sind.

4. Diskussion

Die vorliegende Studie hatte die Aufgabe, die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und/oder Rumpfbeugung und der Entwicklung einer bandscheibenbedingten Erkrankung der

Lendenwirbelsäule in Form einer LWS-Chondrose zu beschreiben. Um das MDD validieren und gegebenenfalls modifizieren zu können, wurde neben dem aktuell zur Ermittlung der arbeits-technischen Voraussetzungen bei der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV eingesetzten MDD eine Reihe von alternativen Dosismodellen geprüft.

Zusammenfassend kam die vorliegende Studie zu folgendem Ergebnis:

- Es fand sich eine positive Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und Rumpfbeugung in Bezug auf die Entwicklung einer lumbalen Chondrose in nahezu allen betrachteten Dosismodellen.
- Ein solcher positiver Dosis-Wirkung-Zusammenhang ließ sich nicht nur bei Männern nachweisen, sondern, soweit uns bekannt, erstmals in einer epidemiologischen Studie bei Frauen.

Auch die Effektgröße (die Höhe der Odds Ratios) ist bei Männern und Frauen grundsätzlich vergleichbar.

- Mit Hilfe des MDD (Dosismodell 1) kann zwar ebenfalls eine positive Dosis-Wirkung-Beziehung nachgewiesen werden, allerdings konnten in der Studie einige alternative Dosismodelle identifiziert werden, die den Zusammenhang zwischen der untersuchten beruflichen Belastung und den definierten LWS-Erkrankungen deutlich besser abbilden können.
- Die gefundenen Dosis-Wirkung-Beziehungen zwischen beruflicher Belastung und Chondrose sind weitgehend unabhängig von den geprüften Confoundern. Obwohl der Einfluss einer Vielzahl von Confoundern geprüft wurde, fand nur eine sehr begrenzte Anzahl von Confoundern Eingang in das finale Modell. Die geprüften Confounder zeigten bei der Adjustierung

keine wesentliche Veränderung der Odds Ratios. Damit können die gefundenen Dosis-Wirkung-Beziehungen als stabil und als weitgehend unbeeinflusst von der Wirkung potentieller Confounder betrachtet werden.

In der Untersuchung wurde die Güte der Modellanpassung für 10 verschiedene Dosismodelle einschließlich des MDD anhand des vorliegenden Datensatzes geprüft. Als Maß für die Güte der Modellanpassung wurde das *Akaike*-Informations-Kriterium (AIC) mit kategorisierten Expositionsvariablen verwendet. Das AIC stellt eine der Standardmethoden zur Modellselektion dar (Forster 2000; Agresti 2002) und wird von Agresti (2002) in seinem Standardwerk der Datenanalyse als das am besten bekannte Verfahren zur Modellselektion beschrieben. In einem Beispiel zur Demonstration des AIC werden kategorisierte Variablen verwendet. Ferner wurden mit Hilfe des *Bootstrap*-Experiments (Efron & Tibshirani 1998) Dosismodelle mit annähernd gleich guter Modellanpassung identifiziert.

4.1 Vergleich der annähernd gleichwertigen Dosismodelle

Wie im Methodenkapitel im Einzelnen dargestellt, weisen mehrere Dosismodelle eine annähernd gleich gute Modellanpassung auf. Diese werden an Hand der Kriterien Geschlecht, Monotonie der Dosis-Wirkung-Beziehung, Einfachheit und Spezifität verglichen und so die besten Dosismodelle ermittelt.

1. Geschlecht:

Durch die Anwendung des Plausibilitätskriteriums Geschlecht sollen unterschiedliche Dosismodelle für Männer und Frauen vermieden werden. Bei Männern und Frauen bilden auf der Grundlage der AIC-Werte das schwellenlose Dosismodell 4 und das relativ schwellenarme Dosismodell 6 das Risiko für eine lumbale Chondrose relativ gut ab. In beiden Modellen wird entsprechend des MDD die lumbale Druckkraft quadriert. Damit kommt einer Höherbewertung der Druckkraft gegenüber der Belastungsdauer eine Bedeutung für eine adäquate Risikobeschreibung bei der Chondrose zu. Ob bereits Belastungen

unterhalb einer Druckkraft auf die lumbosakrale Bandscheibe von 2 kN, aber oberhalb eines externen Lastgewichts von ca. 5 kg einen Einfluss auf die Entstehung einer lumbalen Chondrose bei Männern und Frauen haben können, lässt sich aus den Ergebnissen nicht ableiten. Weiterhin lässt sich nicht eindeutig entscheiden, ob Rumpfbeugehaltungen zwischen 20° (Dosismodell 4) und 75° (Dosismodell 6) einen Einfluss auf die Entstehung einer lumbalen Chondrose bei Männern und Frauen haben können. Aus der gemeinsamen Betrachtung von Männern und Frauen kann abgeleitet werden, dass gegenüber dem MDD zumindest Rumpfbeugehaltungen ab 75° und lumbale Druckkräfte ab 2 kN ein Risiko für die Entstehung einer lumbalen Chondrose darstellen.

2. Monotonie:

Durch dieses Kriterium sollen Dosismodelle mit einem monotonen, treppenförmigen Anstieg der Dosis-Wirkung-Beziehung bevorzugt werden. Von den annähernd gleich gut anpassenden Dosismodellen zeigen die Modelle 4 mit und ohne Hochdosiskategorie bei Prüfung der Dosis-Wirkung-Beziehung in Bezug auf lumbale Chondrose bei Männern jeweils einen monotonen Anstieg der Odds Ratio (Tabelle 2a und Tabelle 2b). Im Gegensatz zu den Ergebnissen bei Männern ist dies bei Prüfung der Dosis-Wirkung-Beziehung nach den Dosismodellen 4 mit und ohne Hochdosiskategorie bei getrennter Betrachtung der Belastung durch Körperhaltung und Lastenhandhabung in Bezug auf lumbale Chondrose bei Frauen nicht der Fall. Ferner zeigt das Dosismodell 6 ohne Hochdosiskategorie keinen monotonen Anstieg bei Frauen mit Chondrose (Tabellen 3a-c).

3. Einfachheit:

Mit diesem Kriterium wird die Verwendung eines möglichst einfachen Dosismodells angestrebt. Von den annähernd gleich gut anpassenden Dosismodellen für lumbale Chondrose bei Männern und Frauen ist keines durch besondere Einfachheit des Berechnungsverfahrens gekennzeichnet. Ob eine Vereinfachung der Dosismo-

delle 4 und 6 durch den Verzicht auf die Wurzelziehung eine vergleichbare Anpassungsgüte der Dosismodelle ergeben würde, sollte Gegenstand weiterer zukünftiger Auswertungen dieses Datensatzes sein.

4. Spezifität:

Ein Dosismodell wird als spezifisch für das jeweilige Krankheitsbild angesehen, wenn es in der höchsten Dosisklasse einen klaren Effekt im Sinne einer deutlich und signifikant erhöhten Odds-Ratio zeigt und der Prozentsatz der Kontrollen, die in die Hochdosiskategorie eingeordnet wurden, gering ist. Dosismodell 4 mit Hochdosiskategorie zeigt in Bezug auf lumbale Chondrose bei Männern eine deutliche und signifikant erhöhte Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse. Ferner ist der Anteil von Kontrollprobanden in der Hochdosiskategorie mit 5,1% niedrig (Tabelle 2b), so dass die Spezifität dieses Dosismodells für diese Fallgruppe anzunehmen ist. Zwar findet sich auch bei Prüfung der Dosis-Wirkung-Beziehung bei Verwendung des Dosismodell 4 ohne Hochdosiskategorie eine signifikant erhöhte Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse, der Anteil der Kontrollprobanden in dieser Klasse ist jedoch mit 32,5% hoch (Tabelle 2a), so dass die Spezifität dieses Dosismodells für diese Fallgruppe fraglich ist.

Von den drei annähernd gleich gut anpassenden Dosismodellen für lumbale Chondrose bei Frauen zeigt sich bei Dosismodell 6 ohne Hochdosiskategorie zwar eine deutlich und signifikant erhöhte Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse (Tabelle 3a), der Anteil der exponierten Kontrollprobanden in der höchsten Dosisklasse ist mit jedoch etwa 17% relativ hoch, so dass dieses Dosismodell nicht als spezifisch für diese Fallgruppe anzusehen ist. Dies gilt auch für Dosismodell 4 mit und ohne Hochdosiskategorie und getrennter Betrachtung der Belastungen durch Rumpfbeugung und Lastenhandhabung, weil jeweils die Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse nicht signifikant erhöht ist (Tabelle 3b und 3c).

Zusammenfassend zeigen folgende Dosismodelle bei der Bewertung die meisten Vorteile:

1. Dosismodell 4 mit Hochdosiskategorie für Männer und Frauen mit lumbaler Chondrose.
2. Dosismodell 4 ohne Hochdosiskategorie für Männer und Frauen mit lumbaler Chondrose.
3. Dosismodell 6 ohne Hochdosiskategorie für Frauen mit lumbaler Chondrose.

Der Dosis-Wirkung-Zusammenhang zwischen körperlicher Belastung durch Lastenhandhabung und Rumpfvorneigung und der Entstehung einer lumbalen Chondrose wird am besten durch eine Quadrierung der Belastungsintensität gegenüber der Belastungsdauer abgebildet. Auf der Grundlage der vorliegenden Studienergebnisse tragen auch relativ niedrige Lastgewichte und eine relativ geringe Rumpfvorneigung zu der Entstehung einer lumbalen Chondrose bei. Für diese Schlussfolgerung sprechen der streng monotone Dosis-Wirkungsverlauf sowie die Spezifität des Ergebnisses in der Hochdosiskategorie des Dosismodells 4 bei Männern ebenso wie das signifikante Ergebnis in der Hochdosiskategorie des Dosismodells 4 bei Frauen. Die fehlende Eignung des MDD (Dosismodell 1) zur Beschreibung des Dosis-Wirkung-Zusammenhangs bei lumbaler Chondrose wird dadurch unterstrichen, dass sich mit dem MDD selbst das hoch signifikante und spezifische Ergebnis in der Hochdosiskategorie bei Männern bei Verwendung des Dosismodells 4 mit einer Odds Ratio von 3,6 (Tabelle 2b) nicht reproduzieren lässt. Vielmehr liefert das MDD in Fallgruppe 3 ein statistisch nicht signifikantes Risiko für die Hochdosiskategorie mit einer Odds Ratio von 1,6 (Tabelle 2c).

Insgesamt zeichnen sich diese Dosismodelle im Vergleich zum MDD durch folgende Charakteristika aus:

1. Der Schwellenwert für die Berücksichtigung der Bandscheibendruckkraft bei Lastenhandhabung ist im Vergleich zum MDD nach Dosismodell 1 von 3,2 kN bei Männern bzw. 2,5 kN bei Frauen beim Dosismodell 6 auf 2,0 kN abgesenkt. Beim Dosismodell 4 ist ein Schwellenwert nicht vorgesehen, d.h. es wurden alle in der

TAD-Erhebung erfassten Lasten ab 5 kg berücksichtigt.

2. Der Schwellenwert für die Berücksichtigung der Rumpfvorneigung ist im Vergleich zum MDD nach Dosismodell 1 (90°) beim Dosismodell 6 leichtgradig auf 75° und beim Dosismodell 4 deutlich auf 20° abgesenkt.
3. Im Vergleich zum MDD nach Dosismodell 1 gib es keinen Schwellenwert für die Tagesdosis, d.h. auch für Arbeitstage mit vergleichsweise geringer Schichtbelastung werden die Einzelbelastungen durch Tätigkeiten mit relevanter Lastenhandhabung oder Rumpfvorneigung in die Berechnung der kumulierten Lebensdosis einbezogen.
4. Die Berechnung der lumbalen Belastung erfolgt bei den die Dosis-Wirkungs-Beziehung am besten anpassenden Dosismodellen 4 und 6 mit einem die reale lumbosakrale Belastung im Vergleich zum MDD nach Dosismodell 1 besser abbildenden biomechanischen Modell und nicht mit spezifischen Bestimmungsgleichungen, die die jeweilige Körperhaltung nur in kategorisierter Form berücksichtigen und die nur das Heben und Tragen von Lasten einbeziehen und somit andere Formen der Lastenhandhabung wie Schieben oder Ziehen von Lasten oder das Schaufeln von Gütern außer Acht lassen.

Das MDD (Dosismodell 1) gehört nicht zu den am besten anpassenden Dosismodellen, sondern bei Frauen mit Chondrose zu den am schlechtesten anpassenden Dosismodellen. Bei Männern mit Chondrose liegt es mit einem AIC-Rangplatz 13 im Mittelfeld der geprüften Dosismodelle (Tabelle 1). Dabei ist zu berücksichtigen, dass das MDD für die Prüfung der arbeitstechnischen Voraussetzungen im Rahmen von Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren zur Berufskrankheit Nr. 2108 BKV entwickelt wurde und entsprechend dem Ärztlichen Merkblatt der Bundesregierung zur Berufskrankheit Nr. 2108 BKV (Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung 1993) bestimmte Schwellenwerte für die Höhe der Druckkraft, die Rumpfvorneigung sowie die Tagesdosis enthält.

Wesentliche Unterschiede des MDD zu den Dosismodellen mit der besten Modellanpassung bestehen dementsprechend auch insbesondere in der Verwendung der relativ hohen Schwellenwerte für die Rumpfvorneigung und die lumbale Druckkraft infolge der ausschließlichen Berücksichtigung „schwerer Lasten“ bzw. „extremer Rumpfbeugehaltung“ sowie in der Nichtberücksichtigung von Handhabungsformen wie Ziehen oder Schieben schwerer Lasten entsprechend der Definition der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV. Dies bedeutet, dass die Dosismodelle 4 und 6 mit der besten Modellanpassung bezüglich der Schwellenwerte für die Druckkraft und die Rumpfvorneigung nicht der Legaldefinition der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV und dem Ärztlichen Merkblatt hinsichtlich der Begriffe „schwere Last“ und „extreme Rumpfbeugehaltung“ entsprechen.

4.2 Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur

Die bisherigen Erkenntnisse über die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen beruflichen Wirbelsäulenbelastungen durch Lastenhandhabung und/oder Rumpfbeugung sowie der Entwicklung von Lendenwirbelsäulenbeschwerden und -erkrankungen sind begrenzt. Für eine Übersicht siehe Bolm-Audorff (2003). Der Zusammenhang zwischen beruflichen Wirbelsäulenbelastungen durch Lastenhandhabung und Rumpfbeugung und der Entwicklung einer lumbalen Chondrose mit Bandscheibenverschmälerung wurde im Wesentlichen abgeleitet aus Querschnittsstudien, die bei beruflich Exponierten im Vergleich zu Kontrollprobanden eine erhöhte Prävalenz der lumbalen Chondrose mit Bandscheibenverschmälerung zeigten (Bolm-Audorff 1993). Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung lässt sich aus diesen Studien nicht ableiten. Seidler et al. (2001) veröffentlichte eine Fall-Kontroll-Studie bei 94 Fällen mit mindestens mittelgradiger lumbaler Osteochondrose mit einer Bandscheibenverschmälerung um mindestens 50% im Vergleich zu den benachbarten Segmenten oder einer mindestens mittelgradigen lumbalen Spondylose von mindes-

tens 3 mm ventral oder 1 mm dorsal und LWS-Beschwerden sowie einer Gruppe von 197 beschwerdefreien Kontrollprobanden. Bei den Fällen und Kontrollen wurde ein standardisiertes Interview zur lebenslangen Arbeitsanamnese zur Erfassung der Lastenhandhabung und Rumpfbeugung durchgeführt. Aus den Angaben wurde ein Belastungsindex durch Heben und Tragen von Lasten durch Quadrierung der Lastgewichte, Multiplikation mit der Hebe- und Tragedauer und Aufsummierung über das Arbeitsleben berechnet. Ferner wurden die kumulativen Stunden in extremer Rumpfbeugehaltung ermittelt sowie die Gesamtdosis nach einem modifizierten MDD mit Berücksichtigung von Belastungen durch Lastenhandhabung von Lasten ab 5 kg und Außerachtlassen des Richtwertes für die Schichtdosis berechnet. In der Studie fand sich eine positive Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der kumulativen Belastung, gemessen in $\text{kg}^2 \cdot \text{h}$ und lumbaler Chondrose und Spondylose, die in der höchsten Dosisklasse mit einem signifikant um den Faktor 8,5 erhöhten Odds Ratio verbunden war. Ferner fand sich eine positive Dosis-Wirkung-Beziehung zur kumulativen Dauer extremer Rumpfbeugehaltung mit einer signifikant um den Faktor 3,5 erhöhten Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse und schließlich eine positive Dosis-Wirkung-Beziehung zur Gesamtdosis nach dem modifizierten MDD mit einer signifikant um den Faktor 7,1 erhöhten Odds Ratio in der höchsten Dosisklasse. Die Falldefinition der Studie von Seidler et al. (2001) mit Einbeziehung von Probanden mit Spondylose entspricht der amtlichen Begründung der Bundesregierung zur Berufskrankheit Nr. 2108 BKV, die die Spondylose zu den bandscheibenbedingten Erkrankungen im Sinne der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV zählt (Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung 1992). Die Gruppe der Patienten mit moderater oder fortgeschrittener lumbaler Spondylose entspricht nicht der Definition einer bandscheibenbedingten Erkrankung nach der Konsensus-Arbeitsgruppe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften zur Begutachtung der Berufskrank-

heit Nr. 2108 BKV, die lediglich die lumbale Chondrose mit Bandscheibenverschmälerung und den lumbalen Prolaps als altersuntypische Röntgenveränderungen im Sinne dieser Berufskrankheit aufführt (Bolm-Audorff et al. 2005). Der überwiegende Teil der Fälle in der Studie von Seidler et al. (2001) weist jedoch eine Chondrose mit Bandscheibenverschmälerung auf. Die höheren relativen Risiken im Vergleich zur vorliegenden Studie erklären sich möglicherweise auch durch die andere Wahl der Kontrollgruppe. Während die Studie von Seidler et al. (2001) aus beschwerdefreien Kontrollprobanden bestand, handelt es sich bei der Kontrollgruppe dieser Studie um Populationskontrollen, bei denen LWS-Beschwerden keinen Ausschlussgrund bildeten. Da LWS-Beschwerden ebenfalls mit beruflichen Belastungen durch Lastenhandhabung und Rumpfbeugung assoziiert sind, führt diese Wahl der Kontrollgruppe in der Studie von Seidler et al. (2001) wahrscheinlich zu einer Erhöhung der relativen Risiken.

4.3 Wertung der vorliegenden Untersuchung

Kritisch sind bei der vorliegenden Studie folgende Punkte zu diskutieren:

1. Die Teilnahmequote der rekrutierten Fälle und Kontrollen ist mit 66,4% bzw. 53,4% niedrig. Allerdings zeigt die Nonresponder-Analyse, dass nach allen Informationen, die über die nicht teilnehmenden Probanden vorliegen, ein differentieller Response, d.h. eine unterschiedliche Teilnahmequote bei Fällen und Kontrollen in Abhängigkeit von expositionsrelevanten Variablen wie sozialem Status nicht wahrscheinlich ist.
2. Die Reliabilitätsanalyse der TAD-Erhebung ergibt, dass die Intra- und Inter-Rater-Reliabilität der TAD-Erhebung bei Bewertung der Exposition mit dem Dosismodell 4 eine gute bis akzeptable Übereinstimmung zeigt (siehe Ellegast et al. 2007).
3. Gegen die vorliegende Studie könnte das fehlende Altersmatching der Fälle und Kontrollen eingewendet werden. Dieses Vorgehen wurde jedoch in der vorliegenden Studie bewusst gewählt,

um die Berechnung der „Risk and Rate Advancement Periods“¹ zu ermöglichen, die zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen soll. Die im Ergebniskapitel dargestellten Odds Ratios sind für Alter als kategorisierte Variable adjustiert. Die Adjustierung für Alter als kontinuierliche Variable ergab keine wesentlichen Änderungen der Ergebnisse (Daten nicht gezeigt).

4. An der vorliegenden Studie könnte ferner kritisiert werden, dass bei den Kontrollprobanden keine Röntgen-, Computertomografie- oder Magnetresonanztomografie-Bilder vorlagen. Insofern ist bei einem bestimmten Prozentsatz der Kontrollprobanden, der angesichts des mittleren Alters von 50 Jahren bei etwa 5 bis 10% liegen dürfte, in Wirklichkeit davon auszugehen, dass es sich um Fälle handelt. Diese Missklassifikation des Fall-Kontroll-Status führt zu einer Senkung der tatsächlichen Odds Ratios. Dies begründet sich mit dem Umstand, dass diese Kontrollprobanden, die in Wahrheit Fälle sind, im Durchschnitt eine höhere berufliche Exposition aufweisen als die übrigen Kontrollprobanden und somit fälschlich den Anteil der exponierten Kontrollprobanden erhöhen. Insofern sind die im Ergebnisteil präsentierten Befunde als konservativ einzustufen.
5. Kritisch eingewendet werden könnte ferner gegen die Studie, dass sich Patienten mit lumbaler Chondrose, die einer hohen beruflichen Einwirkung durch Lastenhandhabung oder Rumpfbeugung ausgesetzt sind, häufiger in ärztliche Behandlung begeben als Patienten ohne berufliche Einwirkung durch Lastenhandhabung und/ohne Rumpfbeugung, weil die berufliche Belastung die lumbalen Beschwerden verschlimmert. Wenn dieser Effekt tatsächlich bestehen würde, käme es zu einer Selektion beruflich hoch belasteter Probanden bei den Fällen. Gegen das Wirksamwerden eines solchen Selektionsfehlers in der vorliegenden Studie sprechen folgende Argumente:

¹ Epidemiologisches Mass für das nach dem Alter frühere Auftreten einer Erkrankung

- Zwischen der kumulativen Gesamtdosis nach Dosismodell 4 und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Männern fand sich eine ähnliche Dosis-Wirkung-Beziehung, unabhängig davon, ob motorische oder sensomotorische Ausfälle (Tabelle 4a) bzw. sensible Ausfälle (Tabelle 4b) vorliegen.
- Gewisse Hinweise für einen unterschiedlichen Verlauf der Dosis-Wirkung-Beziehung bei Patienten mit motorischen oder sensomotorischen Ausfällen bzw. sensiblen Ausfällen fanden sich beim Vergleich der Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der kumulativen Dosis nach Dosismodell 6 und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Frauen (Tabelle 5a-c). Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die Anzahl der exponierten Fälle in diesen Auswertungen sehr gering ist, so dass die Studie keine gesicherten Aussagen bezüglich dieses Vergleichs zulässt.
- Im Vergleich zu männlichen Patienten mit lumbaler Chondrose mit motorischen, sensomotorischen oder sensiblen Ausfällen (Tabelle 4a, b) zeigte sich eine deutlich andere Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der kumulativen Dosis nach Dosismodell 4 und der Odds Ratio für lumbale Chondrose bei Männern mit lokalem LWS-Syndrom (Tabelle 4c), weil sich in der höchsten Dosisklasse eine deutlich niedrigere und nicht signifikant erhöhte Odds Ratio findet (Odds Ratio=1,6 vs 5,5 bzw. 5,2). Allerdings spricht dieser Befund nicht für das Wirksamwerden eines Selektionseffekts von beruflich hoch exponierten Probanden in die Fallgruppe der Patienten mit lumbaler Chondrose und lokalem LWS-Syndrom, weil nicht plausibel gemacht werden kann, warum sich diese Patienten weniger häufig in ärztliche Behandlung begeben sollten als Patienten mit lumbaler Chondrose und sensiblem LWS-Syndrom. Der in Tabelle 4c beschriebene Befund einer weniger deutlichen Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen kumulativer Dosis und lumbaler Chondrose bei Män-

nern mit lokalem LWS-Syndrom kann auch damit erklärt werden, dass dieses Krankheitsbild weniger stark mit Lastenhandhabung oder Rumpfvorneigung verbunden ist als die lumbale Chondrose mit motorischem oder sensiblem Wurzelsyndrom.

6. Es könnte vermutet werden, dass der Zusammenhang zwischen kumulativer Dosis und Entwicklung einer lumbalen Chondrose auf eine „zufällige“ Koinzidenz zwischen Kreuzschmerzen und Röntgenbefund im Sinne eines Artefakts zurückzuführen ist. Die Ergebnisse der *Low back pain*-Studie im Rahmen dieser Untersuchung (siehe Seidler et al. 2007b) zeigen jedoch, dass der Zusammenhang zwischen kumulativer Dosis nach den Dosismodellen 4 bzw. 6 und chronischen Kreuzschmerzen deutlich schwächer ausgeprägt ist als zwischen kumulativer Dosis und lumbaler Chondrose. Dies spricht dafür, dass die Ergebnisse zur lumbalen Chondrose nicht mit dem o.g. Artefakt erklärt werden können.

Die vorliegende Studie hat folgende Stärken:

1. Im Gegensatz zu den meisten bisherigen epidemiologischen Studien, deren Expositionsabschätzung auf Angaben zum ausgeübten Beruf oder Befragungsdaten der Beschäftigten beruhte, basiert diese in der vorliegenden Studie auf einer doppelten Experteneinschätzung:
 - Nach einem vorgelagerten standardisierten Erstinterview, bei dem beruflich überhaupt nicht oder nur sehr gering exponierte Beschäftigte identifiziert wurden, erfolgte die Expositionsabschätzung im Rahmen eines ausführlichen, ca. zweistündigen Interviews durch Experten der zuständigen Unfallversicherungsträger (siehe Ellegast et al. 2007).
 - Die Angaben der Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger zur Höhe, Häufigkeit und Dauer der beruflichen Exposition wurden anschließend hinsichtlich der Höhe der Bandscheibendruckkraft mit Hilfe biomecha-

nischer Simulationsrechnungen (Jäger et al. 2000) analysiert und Werte für die kumulierte Wirbelsäulenbelastung mit 10 verschiedenen Dosismodellen einschließlich des MDD (siehe Jäger et al. 2007) berechnet.

Es wird davon ausgegangen, dass dieses aufwändige Verfahren dazu führt, dass die Validität der Expositionsabschätzung in dieser epidemiologischen Studie wesentlich höher ist als in allen bislang zu diesem Thema durchgeführten Untersuchungen. Allerdings darf nicht verschwiegen werden, dass die Expositionsabschätzung in der vorliegenden Studie ihre Grenzen darin hat, dass auch die Experten auf diesem Gebiet in den Technischen Aufsichtsdiensten der Unfallversicherungsträger keine vollständige Kenntnis über berufliche Wirbelsäulenbelastungen haben, die teilweise über 40 Jahre zurückliegen. Insofern ist auch in dieser Untersuchung eine bestimmte Missklassifikation der Expositionsabschätzung nicht zu vermeiden. Da die Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger bei ihrem Interview bezüglich des Fall-Kontroll-Status „geblindet“² waren, wird eine differentielle Missklassifikation ausgeschlossen. Eine nichtdifferentielle Missklassifikation würde zur Senkung der Odds Ratio gegen 1 führen.

2. Auch bezüglich der Validität der Krankheitsdiagnosen wurde in der vorliegenden Studie ein hoher Aufwand betrieben:
 - Bis zu 10 Röntgenbilder der Fälle wurden durch einen erfahrenen radiologischen Zusatzgutachter nach der Röntgenklassifikation der Konsensus-Arbeitsgruppe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften zur Begutachtung der Berufskrankheit 2108 zweitbeurteilt (siehe Linhardt et al. 2007).
 - Die Angaben der Klinikärzte sowie die Ergebnisse der radiologischen Zweitbeurteilung wurden im Rah-

² d.h., den Fall-Kontroll-Status der Probanden nicht kannten

men der klinischen Zweitbeurteilung durch das orthopädische Zentrum in Regensburg validiert (siehe Linhardt et al. 2007).

3. Die Probandenzahl in der vorliegenden Studie mit 351 Fällen und 901 Kontrollen ist höher als in allen bisherigen epidemiologischen Fall-Kontroll-Studien zu diesem Thema, so dass auch eine Subgruppenanalyse, getrennt für Männer und Frauen, bei ausreichender statistischer Power möglich war.
4. Die Fälle und Kontrollen stammten aus 4 unterschiedlichen Regionen Deutschlands (Frankfurt am Main, Freiburg, Halle und Regensburg) mit sehr unterschiedlicher Struktur der Industrie, des Gewerbes und der Dienstleistungsbetriebe, so dass die Studie dadurch eine höhere Repräsentativität für das Erwerbsleben in Deutschland bekommt als dies in einem Zentrum möglich gewesen wäre. Alle bisherigen epidemiologischen Studien zu diesem Thema haben den Nachteil, dass sie sich auf eine bestimmte Region des durchführenden Studienzentrums beschränken.

5. Literatur

Agresti A (2002) *Categorical Data Analysis*. 2nd edition, Wiley & Sons, New York

Becker P (2001) Die arbeitstechnische Voraussetzung bei der Wirbelsäulen-BK Nummer 2108. *Die Sozialgerichtsbarkeit* 48: 488–498

Berufsgenossenschaft Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (Hrsg. 1994) *Belastungskataster der BGW, Mainz; unveröffentlichtes Manuskript*

Bolm-Audorff U (1993) Berufskrankheiten der Wirbelsäule durch Heben oder Tragen schwerer Lasten. In: Konietzko J, Dupuis H (Hrsg.) *Handbuch der Arbeitsmedizin*, 10. Ergänzungslieferung. Ecomed-Verlag, Landsberg

Bolm-Audorff U (2003) Dosiskonzepte für manuelle Lastenhabung – Epidemiologische Grundlagen. *Zbl Arbeitsmed* 53: 11–14

Bolm-Audorff U, Brandenburg S, Brüning T, Dupuis H, Ellegast R, Elsner G, Franz K, Grashoff H, Grosser V, Hanisch L, Hartmann B, Hartung E, Hering KG, Heuchert G, Jäger M, Krämer J, Kranig A, Ludolph E, Luttmann A, Nienhaus A, Pieper W, Pöhl KD, Remé T, Riede D, Rompe G, Schäfer K, Schilling S, Schmitt E, Schröter F, Seidler A, Spallek M, Weber M (2005) Medizinische Beurteilungskriterien zu bandscheibenbedingten Berufskrankheiten der Lendenwirbelsäule (I) Konsensempfehlungen zur Zusammenhangsbegutachtung der auf Anregung des HVBG eingerichteten interdisziplinären Arbeitsgruppe. *Trauma und Berufskrankheit* 7: 211–252

Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (1992) *Verordnung der Bundesregierung, 2. Verordnung zur Änderung der Berufskrankheiten-Verordnung, Bundesrats-Drucksache 773/92, Seite 8*

Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg. 1993) *Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2108 Anlage 1 Berufskrankheiten-Verordnung (BKV). Bundesarbeitsblatt Nr. 3: 50–53*

Efron B, Tibshirani R J (1998) *An introduction to the bootstrap*. Chapman & Hall, Boca Raton

Ellegast R, Ditchen D, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A (2007) Erhebungen zur beruflichen Wirbelsäulenexposition durch die Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger im Rahmen der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 251–263

Forster MR (2000) Key concepts in model selection: Performance and generalizability. *J Mathematical Psychol* 44: 205–231

Großhandels- und Lagerei-Berufsgenossenschaft (Hrsg. 1995) *Grundsätze für die Beurteilung schwerer Hebungs und Tragens nach BK-Nr. 2108/2109, Stand: 23.01.95*. Mannheim; unveröffentlichtes Manuskript

Hartung E, Dupuis A (1994) Verfahren zur Bestimmung der beruflichen Belastung durch Heben oder Tragen schwerer Lasten oder extreme Rumpfbeugehaltung und deren Beurteilung im Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren. *Die Berufsgenossenschaft H. 7: 452–458*

Hartung E, Schäfer K, Jäger M, Luttmann A, Bolm-Audorff U, Kuhn S, Paul R, Francks H-P (1999) Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) zur Beurteilung der Belastung der Lendenwirbelsäule durch Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch Arbeiten in extremer Rumpfbeugehaltung bei Verdacht auf eine Berufskrankheit Nr. 2108, Teil 2: Vorschlag zur Beurteilung der arbeitstechnischen Voraussetzungen im Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 34: 112–122

Jäger M, Luttmann A, Bolm-Audorff U, Schäfer K, Hartung E, Kuhn S, Paul R, Francks H-P (1999) Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) zur Beurteilung der Belastung der Lendenwirbelsäule durch Heben oder Tragen schwerer Lasten oder Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung bei Verdacht auf eine Berufskrankheit Nr. 2108, Teil 1: Retrospektive Belastungsermittlung für risikohafte 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 Lastenhandhabung. In: Radandt S, Grieshaber R, Schneider W (Hrsg.) *Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen*, S. 105–124. Monade, Leipzig

Jäger M, Luttmann A, Bolm-Audorff U, Schäfer K, Hartung E, Kuhn S, Paul R, Francks H-P (2002) Kritische Wertung aktueller Anmerkungen zum „Mainz-Dortmunder Dosismodell – MDD“ zur Beurteilung der Wirbelsäulenbelastung bei der BK 2108. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 37: 582–598

Jäger M, Geiß O, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Linhardt O, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A, Luttmann A (2007) Biomechanische Analysen zur Belastung der Lendenwirbelsäule innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 264–276

Liebers F, Caffier G (2001) Anmerkungen zum Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) als Verfahren zur retrospektiven Beurteilung der beruflichen Exposition gegenüber Lastenhandhabung und Arbeiten in extremen Körperhaltungen. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 36: 447–457

Linhardt O, Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A, Grifka J (2007) Studiendesign der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 243–250

Pangert R, Hartmann H (1991) Epidemiologische Bestimmungen der kritischen Belastung der Lendenwirbelsäule beim Heben von Lasten. *Zbl Arbeitsmed* 41: 193–197

Schäfer K, Hartung E, Bolm-Audorff U, Luttmann A, Jäger M (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, Bolm-Audorff U, Heiskel H, Henkel N, Roth-Küver B, Kaiser U, Bickeböller R, Wilingstorfer WJ, Beck W, Elsner G (2001) The role of cumulative physical work load in lumbar spine disease: risk factors for lumbar osteochondrosis and spondylosis associated with chronic complaints. *Occup Environ Med* 58: 735–746

Seidler A, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Bolm-Audorff U (2007) Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch Lastenhandhabungen und lumbalen Prolapserkrankungen – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 290–303

Seidler A, Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Geiß O, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Nübling M, Petereit-Haack G, Schumann B (2007b) Deutsche Wirbelsäulenstudie: Unterscheiden sich Chondrose-Risiken von Risiken für Low-back-Pain? In: Letzel S (Hrsg.) *Dokumentation der 47. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin vom 21. – 24.3.2007 in Mainz, Stuttgart, Gentner-Verlag (im Druck)*

Institut für medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik¹ und Sektion Arbeitsmedizin², Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ■ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Berlin³ ■ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin⁴ ■ Landesgewerbeamt, Wiesbaden⁵ ■ Institut für Arbeitsmedizin, Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main⁶ ■ Orthopädische Universitätsklinik Regensburg, Bad Abbach⁷ ■ Lehrstuhl für Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz, Bergische Universität Wuppertal⁸ ■ Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund⁹ ■ Freiburger Forschungsstelle Arbeits- und Sozialmedizin¹⁰

Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition durch Ganzkörpervibration und bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Auswertungen innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie*

Annekatri Bergmann², Andreas Seidler^{3,6}, Barbara Schumann¹, Siegfried Fischer⁴, Ulrich Bolm-Audorff⁵, Dirk Ditchen⁴, Rolf Ellegast⁴, Gine Elsner⁶, Joachim Grifka⁷, Barbara Hinz³, Friedrich Hofmann^{8,10}, Matthias Jäger⁹, Oliver Linhardt⁷, Alwin Luttmann⁹, Martina Michaelis¹⁰, Gabriela Petereit-Haack⁵, Johannes Haerting¹

A. Bergmann, A. Seidler, B. Schumann, S. Fischer, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, B. Hinz, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, J. Haerting: Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition durch Ganzkörpervibration und bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Auswertungen innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57 (2007) 317–327

Schlüsselwörter: Deutsche Wirbelsäulenstudie DWS – Ganzkörpervibration – lumbaler Prolaps – lumbale Chondrose – Dosis-Wirkung-Beziehung

Zusammenfassung: Im Rahmen einer multizentrischen populationsbezogenen Fall-Kontroll-Studie zur Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen beruflicher Wirbelsäulenbelastung durch Lastenhandhabung und belastungsintensiven Körperhaltungen und Bandscheibenerkrankungen der Lendenwirbelsäule (LWS) entsprechend BK Nr. 2108 BKV wurden auch Daten zur Ganzkörpervibrationsbelastung erhoben. Die Studie umfasste 564 Probanden mit einem Bandscheibenvorfall der LWS, 351 Probanden mit einer fortgeschrittenen Chondrose der LWS und 901 Kontrollprobanden. Bei 65 Prolapspatienten, 39 Chondroseprobanden und 73 Kontrollen bestand eine berufliche Schwingungsexposition. Der Anteil von Frauen mit Schwingungsexposition war allerdings so klein, dass eine statistische Auswertung für Frauen nicht sinnvoll erschien und die Auswertung ausschließlich für männliche Probanden erfolgte. Für die Auswertung der Schwingungsexposition kamen ein schichtbezogener Schwellenwert der Beurteilungsbeschleunigung von $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ und ein abgesenkter Schwellenwert von $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$ zur Anwendung. Es wurden Beschleunigungen in z- und x- bzw. y-Richtung (VDI 2057, 2002 Bl.1) erhoben; für die Auswertung wurden nur die Beschleunigungswerte in vertikaler Richtung zugrunde gelegt.

Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der lebenslangen kumulativen Belastung durch Ganzkörpervibration und einem Prolaps der LWS bei Männern. Hingegen zeigte sich ein monoton ansteigender, jedoch statistisch nicht signifikanter Zusammenhang zwischen der Gesamtdosis für Ganzkörperschwingung und einer Chondrose bei Männern, und zwar bei beiden Schwellenwerten. Beim abgesenkten Tagesschwellenwert von $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$ nimmt das für Lastenhandhabung adjustierte Odds Ratio für die höchste Gesamtdosiskategorie einen statistisch nicht signifikanten Wert von 1,7 (Konfidenzintervall $CI_{95\%} 0,8\text{--}3,5$) an; beim Tagesschwellenwert von $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ liegt die entsprechende Odds Ratio für die höchste Gesamtdosiskategorie bei 1,9 ($CI_{95\%} 0,8\text{--}4,3$). Werden entsprechend dem bisherigen Dosisrichtwert nach Dupuis (1994) nur Probanden mit einer kumulativen Schwingungsdosis von $D_{VR1}=1.450 \text{ (m/s}^2)^2$ der höchsten Belastungskategorie zugeordnet, so ergibt sich bei einem Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}$ von $0,45 \text{ m/s}^2$ eine statistisch signifikant erhöhte Odds Ratio von 2,4 ($CI_{95\%} 1,1\text{--}5,3$).

Die unterschiedlichen Ergebnisse für Probanden der beiden Fallgruppen unterstützen die Vermutung, dass Prolaps und Chondrose im Hinblick auf die Ganzkörpervibration als unterschiedliche Krankheitsbilder betrachtet werden müssen.

Anschrift für die Autoren:

Dr. med. Annekatri Bergmann

Martin-Luther-Universität Halle, Sektion Arbeitsmedizin am Institut für Medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik ■ Magdeburger Str. 24 ■ 06097 Halle ■ Telefon: ++49+345-557-1932-4100 ■ Facsimile: ++49+345-557-1933 ■ eMail: annekatrin.bergmann@medizin.uni-halle.de

* Mit finanzieller Unterstützung des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. ausgeführte Forschungsarbeit

Association between occupational exposure to whole-body vibration and disc-related diseases of the lumbar spine – Evaluations within the German Spine Study

A. Bergmann, A. Seidler, B. Schumann, S. Fischer, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, B. Hinz, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, J. Haerting: Association between occupational exposure to whole-body vibration and disc-related diseases of the lumbar spine – Evaluations within the German Spine Study. *Zbl Arbeitsmed* 57 (2007) 317-327

Key words: German Spine Study EPILIFT – whole-body vibration – lumbar disc herniation – lumbar chondrosis – dose-response relationship

Summary: The German population-based multi-centre case-control study EPILIFT investigated the dose-response relationship between occupational exposure to manual materials handling and/or working postures with trunk inclination and lumbar spine disease. In this study, also occupational exposure to whole body vibration (WBV) was assessed. 564 subjects with lumbar disc herniation, 351 subjects with a lumbar chondrosis and 901 control subjects were recruited. Of these, 65 disc herniation patients, 39 chondrosis patients and 73 control subjects had been exposed to whole body vibrations. However, only few women were exposed; therefore, a statistical analysis of female subjects was not recommended, and the analysis was restricted to males. A shift-based WBV threshold for the assessment acceleration of $a_{w(8)}=0.63 \text{ m/s}^2$ and a lowered threshold of $a_{w(8)}=0.45 \text{ m/s}^2$ was applied. Accelerations in the x, y and z-direction (VDI 2057, 2002 Bl.1) were gathered; however, in this analysis, only WBV exposures in the z-direction are taken into account.

No association between cumulative exposure to whole body vibration and lumbar disc herniation was found in men. However, there was a monotonously increasing although non-significant relationship between the cumulative dose of whole body vibration and the risk of chondrosis in men. This association was found in the analyses both with a threshold of $a_{w(8)}=0.63 \text{ m/s}^2$ (Odds Ratio OR 1.7, confidence interval CI_{95%} 0,8–3,5) and of $a_{w(8)}=0.45 \text{ m/s}^2$ (OR 1.9, CI_{95%} 0,8–4,3). If, according to the hitherto existing guidance dose value by Dupuis, only subjects with a cumulative dose of $D_{VRI} > 1.450 \text{ (m/s}^2)^2$ are assigned to the highest category, a statistically significant OR of 2,4 (CI_{95%} 1.1–5.3) is found for the threshold of $a_{w(8)}=0.45 \text{ m/s}^2$.

The different findings for the two case groups support the supposition that disc herniation and chondrosis have to be considered as distinct disease patterns concerning exposure to whole body vibration.

Rapport entre l'exposition professionnelle aux vibrations du corps entier et les affections de la colonne vertébrale lombaire d'origine discale – Evaluations au sein de l'étude allemande de la colonne vertébrale

A. Bergmann, A. Seidler, B. Schumann, S. Fischer, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, B. Hinz, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, G. Petereit-Haack, J. Haerting: Rapport entre l'exposition professionnelle aux vibrations du corps entier et les affections de la colonne vertébrale lombaire d'origine discale – Evaluations au sein de l'étude allemande de la colonne vertébrale. *Zbl Arbeitsmed* 57 (2007) 317-327

Mots clé: Etude allemande de la colonne vertébrale (DWS) – vibrations du corps entier – prolapsus lombaire – chondrose lombaire – relation de dose-effet.

Résumé: Dans le cadre d'une étude cas-témoins multicentree portant sur une population et concernant la relation de dose-effet entre le stress professionnel de la colonne vertébrale dû à la manipulation de charges et les attitudes corporelles stressantes d'une part et les affections discales de la colonne vertébrale lombaire (LWS) d'autre part, conformément à la maladie professionnelle n° 2108 du BKV (catalogue des maladies professionnelles), des données relatives au stress résultant des vibrations du corps entier ont été également recueillies. L'étude a porté sur 564 sujets souffrant d'une hernie discale de la colonne vertébrale lombaire, sur 351 sujets atteints d'une chondrose avancée de la colonne vertébrale lombaire et sur 901 sujets témoins. 65 patients souffrant d'un prolapsus, 39 sujets atteints de chondrose et 73 témoins ont été exposés à des vibrations dans le cadre de leur travail. Le pourcentage de femmes exposées à des vibrations était toutefois si faible qu'une évaluation statistique de cette population n'a pas semblé judicieuse. Ainsi, seul l'échantillon masculin a été soumis à une évaluation. Pour évaluer l'exposition aux vibrations, on a appliqué une valeur seuil par roulement de l'accélération de l'évaluation de $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ et une valeur seuil réduite de $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$. Des accélérations dans l'axe z et x voire y (VDI 2057, 2002 f.1) ont été recueillies ; pour l'évaluation, seules les valeurs d'accélération dans le sens vertical ont été prises en compte.

Aucun rapport n'est apparu entre le stress cumulé pendant toute une vie à la suite de vibrations du corps entier et un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire chez les hommes. En revanche, on a constaté un rapport avec une évolution croissante monotone mais sans aucune signification statistique entre la dose globale pour les vibrations du corps entier et une chondrose chez les hommes et ce, pour les deux valeurs seuils. Pour une valeur seuil journalière réduite de $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$, l'odds ratio ajusté selon la manipulation de charges pour la catégorie maximum de dose globale révèle une valeur statistiquement non significative de 1,7 (intervalle de confiance CI_{95%} 0,8–3,5); pour une valeur seuil journalière de $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$, l'odds ratio correspondant pour la catégorie de dose globale maximum se situe à 1,9 (CI_{95%} 0,8–4,3). Si,

conformément à la valeur indicative de dose jusqu'ici utilisée selon Dupuis, seuls des sujets avec une dose de vibrations cumulée de $D_{VRI} = 1.450 (m/s^2)^2$ sont affectés à la catégorie de stress maximum, cela donne alors avec une valeur seuil pour la dose journalière $a_{w(8)}$ de $0,45 m/s^2$ un odds ratio statistiquement et significativement accru de 2,4 ($CI_{95\%} 1,1-5,3$).

La divergence des résultats pour les sujets des deux groupes de cas vient étayer la supposition selon laquelle le prolapsus et la chondrose doivent être considérés comme des tableaux cliniques différents au point de vue des vibrations du corps entier.

1. Einleitung

1.1 Bandscheibenerkrankungen und berufliche Exposition gegenüber Ganzkörpervibration

Primäres Ziel der Deutschen Wirbelsäulenstudie war die Untersuchung von Dosis-Wirkung-Beziehungen zwischen Erkrankungen der Lendenwirbelsäule und manueller Lastenhandhabung bzw. belastungsintensiven Körperhaltungen. Die langjährige Einwirkung von Ganzkörperschwingungen im Sitzen, z.B. beim Einsatz auf Fahrzeugen oder beim Führen von Arbeitsmaschinen ist jedoch ebenfalls ein Risikofaktor für Bandscheibenerkrankungen der Lendenwirbelsäule. Damit ist sowohl bei der Lastenhandhabung als auch bei Einwirkung von Ganzkörpervibration die Lendenwirbelsäule als Zielorgan betroffen. Aus diesem Grunde wurden in der Deutschen Wirbelsäulenstudie bei allen Probanden neben der manuellen Lastenhandhabung auch Tätigkeiten mit Ganzkörpervibration erfasst. Dies erlaubt nun, die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen einer beruflichen Einwirkung von Ganzkörpervibration und einer Prolaps-erkrankung bzw. einer fortgeschrittenen Chondrose in der Studienpopulation zu betrachten.

In der Vergangenheit wurde Ganzkörpervibration als Risikofaktor für die Entstehung bandscheibenbedingter Erkrankungen in verschiedenen Studien untersucht. Es handelte sich hierbei um Untersuchungen zum biomechanischen Verhalten der Wirbelsäule bei Einwirkung ungedämpfter vertikaler Schwingungen im Sitzen und um epidemiologische Studien zu Wirbelsäulenveränderungen bei Berufsgruppen mit hoher Ganzkörpervibrationsbelastung.

Experimentell konnte gezeigt werden, dass es an der Lendenwirbelsäule (LWS)

durch Resonanzen insbesondere zwischen 3 und 5 Hz zu einer Überhöhung der zugeführten Schwingung kommt (Dupuis 1969). Es wird angenommen, dass der schwingungsverursachte Schädigungsmechanismus für die Bandscheiben neben der direkten mechanischen Einwirkung in einer Störung des ohnehin trägen Bandscheibenstoffwechsels liegt (Junghanns 1979). In Versuchen an menschlichen Bandscheiben wurden nach Einwirkung von Schwingungen Mikrofrakturen an den Wirbelkörpergrund- und -deckplatten sowie Einrisse am Faserring der Bandscheibe gefunden (Brinkmann et al. 1988; Seidel et al. 2007, unveröffentlicht).

Seit den 50er Jahren wurden weltweit verschiedene Studien zur Auswirkung einer beruflichen Schwingungsbelastung auf die Wirbelsäule durchgeführt; insbesondere wurden Schlepperfahrer, Fahrer von Nutzfahrzeugen und Erdbaumaschinen untersucht. Christ & Dupuis (1968) untersuchten 211 Schlepperfahrer in einer Langzeitstudie. Es ließ sich eine deutliche Abhängigkeit der Wirbelsäulenbeschwerden und der pathologischen Röntgenbefunde an der LWS von der Expositionsdauer nachweisen. Boshuizen et al. (1990) untersuchten in einer retrospektiven *Follow up*-Studie 423 Schlepperfahrer im Vergleich mit nicht schwingungsexponierten Kontrollen. Schlepperfahrer waren signifikant häufiger von langdauernden Arbeitsunfähigkeiten wegen Erkrankungen der LWS betroffen. In der „Rheinbraun-Studie“ (Köhne et al. 1982) wurden 325 Führer von schweren Erdbaumaschinen und 315 nicht exponierte Kontrollen hinsichtlich ihrer Beschwerden und der röntgenologischen Veränderungen an der LWS verglichen. Bei 81% der Erd-

baumaschinenführer konnte ein „Lumbalsyndrom“ festgestellt werden, während die Diagnose nur bei 53% der Kontrollpersonen gefunden wurde. Eine Übersicht über die wichtigsten Publikationen findet sich bei Dupuis (1993). Nur wenige Studien zur Vibrationsbelastung beruhen auf einer operativ gesicherten Diagnose eines Bandscheibenvorfalles. Braun (1969) untersuchte 600 Probanden mit operiertem Prolaps im Vergleich mit gesunden Kontrollpersonen. Es zeigte sich in der Prolapsgruppe eine signifikante Häufung von Berufskraftfahrern schwerer Lkw. Ein Problem der Studie ist, dass eine Exposition gegenüber Heben und Tragen nicht erfasst wurde.

In Deutschland wurde in den 1990er Jahren in einer Kohortenstudie (388 schwingungsexponierte Arbeiter, 65 nicht exponierte) der Dosis-Wirkung-Zusammenhang zwischen einer Ganzkörperschwingungsbelastung und dem Auftreten eines Lumbalsyndromes untersucht (Schwarze et al. 1999). Hier zeigte sich, dass Expositionen oberhalb einer Tagesdosis der Beurteilungsbeschleunigung $a_{w(8)}$ von $0,63 m/s^2$ mit einer erhöhten Erkrankungswahrscheinlichkeit verbunden waren, wobei die Wahrscheinlichkeit mit zunehmender Expositionsdauer anstieg. Die Studie gab Hinweise darauf, dass die Schwingungsbelastung besonders das Auftreten einer radikulären Symptomatik begünstigt (altersadjustiertes Prävalenzverhältnis Relatives Risiko 2,3; 95%-Konfidenzintervall $CI_{95\%} 1,3-4,1$).

Zum 1. Januar 1993 wurden „Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjährige, vorwiegend vertikale Einwirkungen von Ganzkörperschwingungen im Sitzen“

unter der Nr. 2110 BKV in die Liste der Berufskrankheiten aufgenommen. 2005 erfolgte eine Überarbeitung der Merkblattes (BMGS, Hrsg. 2005).

Bisher wurde davon ausgegangen, dass die Einwirkung von Ganzkörpervibration an der LWS gleichermaßen Veränderungen i.S. einer Degeneration mit Bandscheibenverschmälerung (Osteochondrose) und Bandscheibenvorfällen einschließlich der dazugehörigen degenerativen Veränderungen an den Wirbelkörpern und kleinen Wirbelgelenken auslösen kann. Mit wenigen Ausnahmen, bei denen die Diagnose intraoperativ gestellt wurde, zogen bisherige Studien zur Diagnosesicherung der Bandscheibenerkrankung meist konventionelle Röntgenbilder der LWS heran. Da hier die Bandscheibe selbst nicht abgebildet wird, konnten nur knöcherne Veränderungen bzw. indirekte Zeichen von Bandscheibenerkrankungen wie z.B. eine Erniedrigung der Zwischenwirbelräume (Chondrose) beurteilt werden.

In der Deutschen Wirbelsäulenstudie war der radiologische Nachweis eines Bandscheibenvorfalles (Prolaps) im CT oder MRT Einschlusskriterium. Des Weiteren wurden Probanden mit einem gleichzeitig bestehenden Prolaps der LWS aus der Chondrosegruppe ausgeschlossen. Dies ermöglicht eine ausreichend sichere Trennung zwischen den Krankheitsbildern Chondrose und Prolaps. Beide Erkrankungen unterscheiden sich durchaus, z.B. hinsichtlich des Erkrankungsalters. Bandscheibenvorfälle treten im Mittel deutlich früher auf als fortgeschrittene Chondrosen, was auf einen unterschiedlichen Entstehungsmechanismus hindeutet. Auch radiologisch zeigen beide Krankheitsbilder zum Teil unterschiedliche Veränderungen an den Bandscheiben. Die Merkmale der Alterung und Degeneration von Bandscheiben sind recht gut bekannt und korrelieren klar mit dem Alter (Miller et al. 1988; Thompson 1990; Guiot & Fessler 2000). Das Wissen zum zeitlichen Verlauf spezieller Veränderungen auf zellulärer Ebene an der lebenden menschlichen Bandscheibe ist jedoch sehr begrenzt. Insbesondere wird durch die Beschreibung von Alterungsprozessen in den Bandscheiben nicht er-

klärt, warum nur ein kleiner Teil der Patienten einen Bandscheibenvorfall erleidet, obwohl in einem hohen Prozentsatz degenerative Veränderungen nachgewiesen werden können. All diese Punkte sprechen dafür, dass es sich beim Bandscheibenvorfall und der Osteochondrose hinsichtlich Entstehung und Verlauf um zumindest teilweise getrennte Krankheitsbilder handelt. Die Daten der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS) bieten nun die Möglichkeit, Auswertungen getrennt nach Bandscheibenvorfall und fortgeschrittener Chondrose vorzunehmen.

1.2 Beurteilung der Schwingungsbelastung

Mit der VDI-Richtlinie 2057 wurde im Jahr 1963 ein einheitliches Verfahren zur Beurteilung der Einwirkung mechanischer Ganzkörperschwingungen eingeführt. Bei der letzten Überarbeitung im Jahr 2002 kam es zu Änderungen in der Beschreibung von Schwingungsbelastungen, die im Folgenden kurz dargestellt werden sollen:

Als Maß für die Höhe der Belastung eines 8-Stunden Arbeitstages wird aus der frequenzbewerteten Beschleunigung a_{we} und der Einwirkdauer T dieser Beschleunigung die Beurteilungsbeschleunigung $a_{w(8)}$ ermittelt.

Die Berechnung erfolgte nach der Gleichung:

$$a_{w(8)} = \sqrt{\frac{1}{8h} \sum_{i=1}^{i=n} a_{wi}^2 \cdot T_i}$$

a_{wi} = maschinenbezogener Effektivwert der frequenzbewerteten Beschleunigung während der zugehörigen Einwirkungsdauer T_i

Es ist davon auszugehen, dass das gesundheitliche Risiko mit zunehmender Tagesdosis ansteigt. Die VDI 2057 (2002) beschreibt deshalb Richtwertkurven für die Tagesdosis $a_{w(8)}$.

Bei Belastungen, die oberhalb von $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$ liegen, kann von einer möglichen Gefährdung, bei Belastungen oberhalb einer Richtwertkurve $a_{w(8)}$ von $0,8 \text{ m/s}^2$ muss von einer deutlichen

Gefährdung für den betroffenen Menschen ausgegangen werden. Dies gilt für Einwirkungen, die sich über Jahre regelmäßig wiederholen. Zusätzliche Risikofaktoren sind Alter zu Expositionsbeginn >40 Jahre und stoßhaltige Schwingungen sowie Arbeiten in verdrehter Körperhaltung. Die spezielle Bedeutung stoßhaltiger Schwingungen wird u.a. von Seidel et al. (1995) beschrieben. In der Neufassung des Berufskrankheitenmerkblattes zur Berufskrankheit Nr. 2110 BKV von 2005 (BMGS, Hrsg. 2005) wird ein Wert für die Mitte der Zone erhöhter Gesundheitsgefährdung mit $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ angegeben. Dieser Wert gilt als Schwellenwert für die Einbeziehung von Expositionstagen im Berufskrankheitenverfahren. Er entspricht den Ergebnissen der epidemiologischen Studie „Ganzkörpervibration“ (Schwarze et al. 1999), die bereits zitiert wurde. In dieser Studie veränderte eine Absenkung des Tageschwellenwertes von $a_{w(8)}=0,63$ auf $a_{w(8)}=0,4 \text{ m/s}^2$ das Risiko für ein Lumbalsyndrom nicht weiter. Es wurde geschlossen, dass ein Gefährdungseffekt am treffendsten mit dem Schwellenwert $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ markiert wird.

Schwingungsbeschleunigungen wirken in der Praxis in drei Richtungen ein (vertikal z sowie horizontal x und y). Bis zur Neuregelung der VDI 2057 wurden bei der Beurteilung der Belastung ausschließlich vertikale Schwingungen berücksichtigt. Dies ist dadurch begründet, dass der bisherige Kenntnisstand über die Wirkung und den Schadensmechanismus horizontaler Schwingungen begrenzt ist. Im neugefassten Merkblatt der BK Nr. 2110 BKV und in der VDI 2057 ist nun festgelegt, dass die Effektivwerte von a_{we} sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Achse bestimmt wird. Sollte ein Effektivwert in horizontaler Richtung stärker sein als in vertikaler, ist dieser mit zu berücksichtigen. Auch in der Verordnung zur Umsetzung der EG-Richtlinien (2007) erfolgt die Bewertung der Exposition gegenüber Ganzkörpervibrationen anhand der Tagesexposition $a_{w(8)}$, wobei zur Berechnung der höchste Effektivwert der frequenzbewerteten Beschleunigungen zu wählen ist.

In der Studie konnten für länger zurückliegende Vibrationsbelastungen Angaben zu den Effektivwerten der Beschleunigung in horizontaler Richtung nur unvollständig erhoben werden, da für ältere Maschinen solche Messungen nicht immer vorlagen. Die derzeit gültige Definition zur BK Nr. 2110 BKV bezieht sich ausschließlich auf die Einwirkung vertikaler Schwingungen. Aus diesen Gründen wurden in der vorliegenden Darstellung für die Bestimmung der Schwingungsexposition ausschließlich Beschleunigungen in z-Richtung berücksichtigt.

Die lebenslange Gesamtdosis für die kumulierte Schwingungsbelastung D_v wird berechnet aus dem Quadrat der Beurteilungsbeschleunigung $a_{w(8)}$ und der zugehörigen Anzahl der Expositionstage d :

$$D_v = \sum_{i=1}^n a_{w(8)i}^2 \cdot d_i$$

$a_{w(8)}$ = Beurteilungsbeschleunigung bezogen auf eine typische Schicht von 8 Stunden

d = Anzahl der Expositionstage

Ausgehend von der Annahme, dass die gesundheitliche Gefährdung von der kumulierten Schwingungsbelastung abhängig ist, wurde ein Vorschlag für einen kumulativen Dosisrichtwert D_{VRI} formuliert (Dupuis & Hartung 1994). Unter der Annahme einer mindestens 10-jährigen Belastung wurde als gesundheitskritische Schwingungsbelastung ein Dosisrichtwert D_{VRI} von ca. 1.500 $(m/s^2)^2$ angenommen, wobei dieser Wert eine Orientierungshilfe darstellt und nicht als Abschneidekriterium zum Beispiel im Berufskrankheitenverfahren anzusehen ist. Dieser Richtwert wurde im Rahmen der epidemiologischen Studie „Ganzkörpervibration“ (Schwarze et al. 2003) untersucht. Verglichen wurden Probanden, die die Tagesschwellendosis von $a_{w(8)}=0,63 m/s^2$ immer unterschritten und deswegen eine $D_{VRI}=0 (m/s^2)^2$ hatten, mit Probanden mit einer $D_{VRI} > 1.450 (m/s^2)^2$. Es zeigte sich für Probanden mit einer Gesamtdosis für die Schwingungsbelastung > 1450

$(m/s^2)^2$ im Vergleich mit Probanden ohne Überschreitung der Tagesschwelle ein relatives Risiko für das Auftreten eines Lumbalsyndrom von 1,55 ($CI_{95\%}$ 1,24–1,95).

2. Methoden

2.1 Rekrutierung der Fall- und Kontrollprobanden

Bei der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS) handelt es sich um eine multizentrische Fall-Kontroll-Studie (Studienzentren Frankfurt a.M., Freiburg, Halle, Regensburg). In der jeweiligen Studienregion wurden alle Patienten (Alter 25–70 Jahre), die mit der Diagnose Bandscheibenvorfall oder fortgeschrittene Chondrose in einer Klinik stationär oder ambulant bzw. in ausgesuchten niedergelassenen Praxen behandelt wurden, rekrutiert. Hierfür galt folgende Falldefinition:

Fallgruppe 1 (Männer) und Fallgruppe 2 (Frauen):

- radiologisch gesicherte Diagnose (CT oder MRT) eines Bandscheibenvorfalles der Lendenwirbelsäule,
- Radikuläre Beschwerden an der Lendenwirbelsäule entsprechend der Nervenwurzel des Wirbelsäulensegmentes, an dem der Bandscheibenvorfall vorliegt,
- Nachweis eines umschriebenen sensiblen oder motorischen Wurzelsyndroms bei der klinischen Untersuchung.

Fallgruppe 3 (Männer) und Fallgruppe 4 (Frauen):

- radiologisch gesicherte Diagnose einer fortgeschrittenen Bandscheibenschmälerung der Lendenwirbelsäule,
- Nachweis eines umschriebenen sensiblen oder motorischen Wurzelsyndroms bei der klinischen Untersuchung oder
- Nachweis eines lokalen oder pseudoradikulären Lumbalsyndroms ohne neurologisches Defizit mit einem Finger-Boden-Abstand von ≥ 25 cm.

Die Kontrollprobanden wurden nach dem Zufallsprinzip aus dem Register der Einwohnermeldeämter der Studienregion gezogen. Es wurden insgesamt 915 Fälle (564 Probanden mit Prolaps und 351 Probanden mit Chondrose) und 901 Kontrollen in die Studie eingeschlossen.

Die Responderate für die Fälle lag bei 66,4%, die der Kontrollen bei 53,4%. Ausführliche Angaben zu Studiendesign und Fallgruppendefinition siehe Linhardt et al. (2007).

Die Sicherung der Diagnose *Prolaps* bzw. *fortgeschrittene Chondrose* erfolgte anhand der vorliegenden radiologischen Untersuchungen. Alle Bilder wurden – unabhängig von der Diagnosestellung der behandelnden Einrichtung – standardisiert durch einen Radiologen zweifbefundet. Die Diagnosekriterien für einen Bandscheibenvorfall bzw. eine fortgeschrittene Chondrose entsprachen den von der Konsensus-Gruppe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften erarbeiteten Kriterien (Bolm-Audorff et al. 2005).

2.2 Ermittlung der Vibrationsbelastung

Die berufliche Exposition durch Lastenhandhabung, belastungsintensive Körperhaltungen sowie Ganzkörperschwingungen im Sitzen wurde zunächst in einem standardisierten computergestützten Laien-Interview erfragt. Hier wurden Angaben zu potentiell mit einer Schwingungsbelastung einhergehenden Arbeitsgeräten sowie zur Belastungsdauer erfasst. Wenn hinsichtlich der Exposition gegenüber Ganzkörperschwingungen im Sitzen eine *a priori* definierte Auslöseschwelle (von 2 Stunden pro Schicht über mindestens 220 Schichten) überschritten wurde oder wenn eine Auslöseschwelle hinsichtlich Lastenhandhabungen oder Tätigkeiten in Rumpfbeugehaltung überschritten wurde, wurde durch eine Technische Aufsichtsperson der zuständigen Berufsgenossenschaft (TAD) ein Experteninterview durchgeführt. Hier wurden für alle Berufsphasen > 6 Monate Tätigkeiten mit manueller Lastenhandhabung wie Heben, Tragen, Ziehen, Schieben, Werfen oder Schaufeln sowie Arbeiten in Rumpfvor-, Rumpfsseitneigung oder -verdrehung erfasst. Das TAD-Interview enthielt weiterhin ein Modul zur Erfassung einer Ganzkörpervibrationsbelastung. Es wurden unter Verwendung von Piktogrammen Angaben zur Art und zum Typ des Fahrzeuges sowie zum Sitz, speziell auch zur Schwingungsisolie-

rung des Sitzes erfragt. Des Weiteren wurden Arbeitsbedingungen während der Vibrationseinwirkung erfasst, z.B. Oberkörperdrehung, Fahrweise und Fahrbahnbeschaffenheit. Das Modul enthielt weiterhin Fragen zur Dauer der Vibrationsbelastung für die einzelnen Tätigkeiten (Dauer pro Tag, Tage/Woche, Wochen/Jahr). Eine ausführliche Beschreibung des Ablaufes der arbeits-technischen Ermittlungen findet sich in Ellegast et al. (2007).

Aus den Probandenangaben wurden durch das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA) die Werte für die frequenzbewertete Schwingungsbeschleunigung a_{we} in vertikaler Richtung und – soweit Angaben vorhanden waren – auch in den horizontalen Richtungen festgestellt. Grundlage hierfür war die Datenbank VIBEX des BGIA, in der für viele Fahrzeuge Angaben aus früheren Vibrationsmessungen vorlagen. Für Fahrzeuge, die nicht in der Datenbank enthalten waren, wurde die Vibrationsbelastung anhand ähnlicher Fahrzeugtypen geschätzt.

Im Rahmen der Hauptfragestellung der DWS wurde aus den Angaben des TAD-Interviews für alle belastungsrelevanten Tätigkeiten mit Hilfe biomechanischer Modellrechnungen die situative Wirbelsäulenbelastung anhand der Druckkraft auf die Bandscheibe L5/S1 bestimmt und für das Berufsleben zu einer „Lebensdosis“ als Maß der kumula-

tiven Wirbelsäulenbelastung zusammengefasst. Diese Berechnungen wurden für zehn verschiedene Dosismodelle mit unterschiedlichen Schwellenwerten für die lumbosakrale Druckkraft, die Rumpfvorneigung und die Tagesdosis-schwelle durchgeführt (Einzelheiten zu den Modellrechnungen und Dosisansätzen bei Jäger et al. 2007). Die Anpassungsgüte der Dosismodelle hinsichtlich der Beschreibung der Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen kumulierter Wirbelsäulenbelastung und Erkrankungen der LWS wurde mit dem Akaike-Information-Kriterium bestimmt (Bolm-Audorff et al. 2007; Seidler et al. 2007). Hierdurch erhielt man für jede Fallgruppe jeweils ein Dosismodell mit der besten Modellanpassung.

2.3 Auswertemodelle

Zur Prüfung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der kumulativen Schwingungsbelastung während des Berufslebens und einer bandscheibenbedingten Erkrankung wurden in der epidemiologischen Auswertung mit logistischer Regressionsanalyse Odds Ratios berechnet und für verschiedene Confounder adjustiert. Die Auswertung erfolgte getrennt für die beiden Fallgruppen lumbaler Prolaps und fortgeschrittene Osteochondrose. Es wurde für jeden Probanden die lebenslange kumulative Vibrationsbelastung D_V entsprechend dem unter Punkt 1.2 dargestellten Verfahren berechnet. Zu-

nächst gingen nur Werte in die Berechnung der Gesamtdosis ein, die den Schwellenwert von $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ für die Tagesdosis überschritten hatten. In einer zweiten Auswertung wurde der Schwellenwert (SW) auf $0,45 \text{ m/s}^2$ abgesenkt. Für beide Schwellenwerte war die Anzahl der exponierten Frauen so gering, dass hier eine weitere Auswertung nicht sinnvoll erschien (Fälle und Kontrollen SW= $0,63 \text{ m/s}^2$: $n=5$; SW= $0,45 \text{ m/s}^2$: $n=10$; siehe Tabelle 1).

Zur Berechnung der Odds Ratios wurden die schwingungsexponierten Kontrollprobanden hinsichtlich der Gesamtdosis in drei gleich große Gruppen (Tertile) aufgeteilt. Odds Ratios wurden für die jeweiligen Fall- und Kontrollprobanden derselben Expositions-kategorie berechnet, zunächst nur für Alter und Region adjustiert. Im Folgenden wurden Odds Ratios berechnet, die zusätzlich für manuelle Lastenhandhabung (basierend auf dem jeweils am besten anpassenden Dosismodell für Lastenhandhabung der jeweiligen Fallgruppe) und den zu diesem Modell dazugehörigen Confoundern adjustiert waren. Die entsprechenden Modelle und zugehörigen Confounder waren für die beiden Fallgruppen:

– *Fallgruppe 1*: Männer mit Prolaps, Dosismodell 7 mit Hochdosis-kategorie (lineares Dosismodell, schwel-lenarm; Confounder: Belastung durch Verlust des Arbeitsplatzes/Kündigung).

Tabelle 1: Anzahl der Personen in der Deutschen Wirbelsäulenstudie mit Angaben zu Geschlecht, Erkrankung, Fall/Kontrollstatus und Exposition gegenüber Ganzkörpervibration

FG=Fallgruppe; GKV= Ganzkörpervibration, SW=Schwellenwert

Table 1: Number of subjects within the German Spine Study specified regarding gender, disease, case/control status and exposure to whole body vibration

FG=Case group; GKV=Whole body vibration, SW=Threshold value

Tableau 1: Nombre de personnes dans l'étude allemande de la colonne vertébrale avec indication du sexe, de la maladie, du statut cas/témoin et de l'exposition aux vibrations du corps entier.

FG=Groupe de cas ; GKV=Vibrations du corps entier, SW=Valeur seuil.

	FG 1 Prolaps Männer	FG 2 Prolaps Frauen	FG 3 Chondrose Männer	FG 4 Chondrose Frauen	Kontrollen männlich	Kontrollen weiblich
Anzahl Probanden gesamt	286	278	145	206	453	448
Exposition GKV (SW $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$)	36	2	27	1	48	2
Exposition GKV (SW $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$)	56	3	33	3	66	4

– Fallgruppe 3: Männer Chondrose, Dosismodell 4 (Dosismodell ohne Schwellen, Berücksichtigung von Lasten ab 5 kg und Rumpfbeugehaltung ab 20°, keine Confounder).

Zu Methoden, Dosismodellen und Ergebnissen hinsichtlich der Exposition durch manuelle Lastenhandhabung siehe

Bohm-Audorff et al. (2007), Jäger et al. (2007) sowie Seidler et al. (2007). Die Ergebnisse der Berechnung der kumulativen Schwingungsdosis werden im Folgenden für Prolaps und Chondrose bei Männern, jeweils mit den Schwellenwerten der Tagesdosis $a_{w(8)}$ von 0,63 bzw. 0,45 m/s^2 dargestellt.

3. Ergebnisse

Bei nur einem kleinen Teil der Probanden der Deutschen Wirbelsäulenstudie bestand auch eine Exposition durch Ganzkörpervibration. Unter Berücksichtigung des Schwellenwertes $a_{w(8)}=0,63 m/s^2$ hatten bei den Männern 63 Fall- und 48 Kontrollprobanden eine Vibrati-

Tabelle 2: Assoziation zwischen der kumulativen beruflichen Gesamtdosis durch Ganzkörpervibration und lumbalem Prolaps bei Männern. Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}=0,63 m/s^2$

* Gesamtdosis GKV durch vertikale Schwingungen

**OR adjustiert nur für Alter und Studienregion

***OR zusätzlich adjustiert für Verlust des Arbeitsplatzes und manuelle Lastenhandhabung

F=Fälle, K=Kontrollen, OR=Odds Ratio, CI=Konfidenzintervall, GKV= Ganzkörpervibration

Table 2: Association between cumulative occupational exposure to whole body vibration and lumbar disc herniation for men. Threshold $a_{w(8)}=0.63 m/s^2$

* Total dose of WBV due to vertical vibrations

**OR adjusted only for age and study region

***OR also adjusted for loss of employment and manual materials handling

F=Cases, K=Controls, OR=Odds Ratio, CI=Confidence interval, GKV=Whole body vibration

Tableau 2: Association entre la dose globale professionnelle cumulée à la suite de vibrations du corps entier et le prolapsus lombaire chez les hommes. Valeur seuil pour la dose journalière $a_{w(8)}=0,63 m/s^2$

* Dose globale de GKV résultant des vibrations verticales

**OR ajusté uniquement selon l'âge et la région d'étude

***OR également ajusté selon la perte de l'emploi et la manipulation manuelle de charges

F=Cas, K=Témoins, OR=Odds ratio, CI=Intervalle de confiance, GKV=Vibrations du corps entier.

Gesamtdosis* in $(m/s^2)^2$	F	%	K	%	OR-Modell 1** (CI _{95%})	OR-Modell2*** (CI _{95%})
0	250	87,4	407	89,8	1,0	1,0
>0 – <364	14	4,9	15	3,3	1,4 (0,7–3,1)	1,1 (0,5–2,4)
364 – <1.190	15	5,2	16	3,5	1,4 (0,7–2,9)	1,2 (0,6–2,7)
≥1.190	7	2,4	15	3,3	0,7 (0,3–1,8)	0,6 (0,2–1,6)

Tabelle 3: Assoziation zwischen der kumulativen beruflichen Gesamtdosis durch Ganzkörpervibration und lumbalem Prolaps bei Männern. Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}=0,45 m/s^2$

* Gesamtdosis GKV durch vertikale Schwingungen

**OR adjustiert nur für Alter und Studienregion

***OR zusätzlich adjustiert für Verlust des Arbeitsplatzes und manuelle Lastenhandhabung

F=Fälle, K=Kontrollen, OR=Odds Ratio, CI=Konfidenzintervall, GKV= Ganzkörpervibration

Table 3: Association between cumulative occupational exposure to whole body vibration and lumbar disc herniation for men. Threshold $a_{w(8)}=0.45 m/s^2$

* Total dose of WBV due to vertical vibrations

**OR adjusted only for age and study region

***OR also adjusted for loss of employment and manual materials handling

F=Cases, K=Controls, OR=Odds Ratio, CI=Confidence interval, GKV=Whole body vibration

Tableau 3: Association entre la dose globale professionnelle cumulée à la suite de vibrations du corps entier et le prolapsus lombaire chez les hommes. Valeur seuil pour la dose journalière $a_{w(8)}=0,45 m/s^2$

* Dose globale de GKV résultant des vibrations verticales

**OR ajusté uniquement selon l'âge et la région d'étude

***OR également ajusté selon la perte de l'emploi et la manipulation manuelle de charges

F=Cas, K=Témoins, OR=Odds ratio, CI=Intervalle de confiance, GKV=Vibrations du corps entier.

Gesamtdosis* in $(m/s^2)^2$	Fälle	%	Kontrollen	%	OR-Modell 1** (CI _{95%})	OR-Modell 2*** (CI _{95%})
0	230	80,4	387	85,4	1,0 -	1,0 -
>0, <290	26	9,1	22	4,9	2,0 (1,1–3,6)	1,6 (0,8–3,0)
290 – <1.160	15	5,2	22	4,9	1,0 (0,5–2,1)	0,9 (0,4–1,8)
≥1.160	15	5,2	22	4,9	1,1 (0,5–2,2)	0,9 (0,4–1,9)

onsbelastung. Bei abgesenktem Tageschwellenwert $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$ betrug die Anzahl der männlichen Fälle mit Ganzkörpervibration 89, die der Kontrollen 66. Die Aufteilung der Probanden mit Exposition gegenüber Ganzkörpervibration auf die einzelnen Fallgruppen ist in Tabelle 1 dargestellt.

3.1 Ganzkörpervibration und LWS-Prolaps bei Männern

In den Tabellen 2 und 3 ist die Dosis-Wirkung-Beziehung für das Auftreten eines Bandscheibenvorfalles bei Männern in Abhängigkeit von der kumulativen Schwingungsbelastung für die beiden Schwellenwerte $a_{w(8)}$ von 0,45 bzw.

$0,63 \text{ m/s}^2$ dargestellt. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der kumulativen Belastung durch Ganzkörpervibrationen und einem Prolaps der LWS bei Männern. Weder die für Alter und Region noch die zusätzlich für Verlust des Arbeitsplatzes und Lastenmanipulation adjustierten Odds Ratios stiegen mit hö-

Tabelle 4: Assoziation zwischen der kumulativen beruflichen Gesamtdosis durch Ganzkörpervibration und fortgeschrittener Chondrose bei Männern. Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$

* Gesamtdosis GKV durch vertikale Schwingungen

** OR adjustiert nur für Alter und Studienregion

***OR zusätzlich adjustiert für manuelle Lastenhandhabung

F=Fälle, K=Kontrollen, OR=Odds Ratio, CI=Konfidenzintervall, GKV= Ganzkörpervibration

Table 4: Association between cumulative occupational exposure to whole body vibration and severe lumbar chondrosis for men. Threshold $a_{w(8)}=0.63 \text{ m/s}^2$

* Total dose of WBV due to vertical vibrations

**OR adjusted only for age and study region

***OR also adjusted for manual materials handling

F=Cases, K=Controls, OR=Odds Ratio, CI=Confidence interval, GKV=Whole body vibration

Tableau 4: Association entre la dose globale professionnelle cumulée à la suite de vibrations du corps entier et la chondrose avancée chez les hommes. Valeur seuil pour la dose journalière $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$

* Dose globale de GKV résultant des vibrations verticales

**OR ajusté uniquement selon l'âge et la région d'étude

***OR également ajusté selon la manipulation manuelle de charges

F=Cas, K=Témoins, OR=Odds ratio, CI=Intervalle de confiance, GKV=Vibrations du corps entier.

Gesamtdosis * in $(\text{m/s}^2)^2$	Fälle	%	Kontrollen	%	OR-Modell 1** (CI _{95%})	OR-Modell 2*** (CI _{95%})
0 m/s^2	118	81,4	407	89,8	1,0	1,0
>0 - <364	5	3,4	15	3,3	1,2 (0,4-3,5)	1,0 (0,3-3,0)
364 - <1.190	9	6,2	16	3,5	1,8 (0,7-4,4)	1,6 (0,6-3,8)
≥ 1.190	13	9,0	15	3,3	2,3 (1,0-5,3)	1,9 (0,8-4,3)

Tabelle 5: Assoziation zwischen der kumulativen beruflichen Gesamtdosis durch Ganzkörpervibration und fortgeschrittener Chondrose bei Männern. Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$

* Gesamtdosis GKV durch vertikale Schwingungen

** OR adjustiert nur für Alter und Studienregion

***OR zusätzlich adjustiert für manuelle Lastenhandhabung

F=Fälle, K=Kontrollen, OR=Odds Ratio, CI=Konfidenzintervall, GKV= Ganzkörpervibration

Table 5: Association between cumulative occupational exposure to whole body vibration and severe lumbar chondrosis for men. Threshold $a_{w(8)}=0.45 \text{ m/s}^2$

* Total dose of WBV due to vertical vibrations

**OR adjusted only for age and study region

***OR also adjusted for manual materials handling

F=Cases, K=Controls, OR=Odds Ratio, CI=Confidence interval, GKV=Whole body vibration

Tableau 5: Association entre la dose globale professionnelle cumulée à la suite de vibrations du corps entier et la chondrose avancée chez les hommes. Valeur seuil pour la dose journalière $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$

*Dose globale de GKV résultant des vibrations verticales

**OR ajusté uniquement selon l'âge et la région d'étude

***OR également ajusté selon la manipulation manuelle de charges

F=Cas, K=Témoins, OR=Odds ratio, CI=Intervalle de confiance, GKV=Vibrations du corps entier.

Gesamtdosis * in $(\text{m/s}^2)^2$	F	%	K	%	OR-Modell 1** (CI _{95%})	OR-Modell 2*** (CI _{95%})
0	112	77,2	387	85,4	1,0 -	1,0 -
>0, <290	4	2,8	22	4,9	0,7 (0,2-2,1)	0,6 (0,2-1,9)
290 - <1.160	12	8,3	22	4,9	2,0 (0,9-4,4)	1,6 (0,7-3,5)
≥ 1.160	15	11,7	22	4,9	2,0 (1,0-4,0)	1,7 (0,8-3,5)

herer Exposition durch Ganzkörpervibration signifikant an. Ein Zusammenhang konnte weder bei einem Schwellenwert von $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ (Tabelle 2) noch bei einem auf $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$ abgesenkten Schwellenwert (Tabelle 3) festgestellt werden.

3.2 Ganzkörpervibration und Chondrose bei Männern

Die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der Gesamtdosis für die kumulative Schwingungsbelastung und einer fortgeschrittene Chondrose bei Männern für die beiden Schwellenwerte $a_{w(8)}$ von 0,45 bzw. 0,63 m/s^2 ist in den Tabellen 4 und 5 dargestellt. Es zeigte sich ein monoton ansteigender Zusammenhang zwischen der Gesamtdosis durch Ganzkörpervibration und dem Risiko einer Chondrose, und zwar bei einem Schwellenwert sowohl von $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ (Tabelle 4) als auch von 0,45 m/s^2 (Tabelle 5). Beim abgesenkten Tagesschwellenwert von $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$ nimmt das für Lastenhandhabung adjustierte Odds Ratio in der höchsten Gesamtdosiskategorie einen statistisch nicht signifikanten Wert von 1,7 ($CI_{95\%} 0,8-3,5$) an. Beim Tagesschwellenwert von $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ liegt die entsprechende Odds Ratio der höchsten Gesamtdosiskategorie bei 1,9 ($CI_{95\%} 0,8-3,5$).

Die Odds Ratios wurden neben Alter und Studienregion für manuelle Lasten-

handhabung adjustiert. Es wurde – wie in Kapitel 2.3 erwähnt – das Dosismodell 4 verwendet, welches das am besten anpassende Modell für die Lastenhandhabung bei Männern mit Chondrose war. Nach Adjustierung für Lastenhandhabung sinkt die Odds Ratio in allen Expositionskategorien, bedingt durch die Assoziation dieses Faktors sowohl mit Ganzkörperschwingung als auch mit dem Auftreten einer Chondrose. Dies erscheint vor dem Hintergrund der typischen Berufsbilder auch plausibel, die sehr häufig eine kombinierte Belastung durch Lastenmanipulation und Ganzkörpervibration aufweisen. Die Betrachtung der Assoziation von Tätigkeiten mit manueller Lastenhandhabung und Schwingungsbelastung bei den männlichen Probanden der Chondrosegruppe und den dazugehörigen Kontrollen in Tabelle 6 verdeutlicht diesen Confounding-Effekt. Probanden mit einer hohen Schwingungsbelastung hatten zu 72% eine hohe und nur zu 3,4% eine geringe Exposition durch manuelle Lastenhandhabung. Probanden ohne Schwingungsexposition dagegen wiesen gleichmäßig verteilt hohe, mittlere und niedrige Expositionen durch Lastenhandhabung auf.

Werden entsprechend dem bisherigen Dosisrichtwert nach Dupuis der höchsten Belastungskategorie nur Probanden mit einer Gesamtschwingungsdosis

D_{VRI} von mindestens 1.450 $(\text{m/s}^2)^2$ zugeordnet, ergibt sich bei einem Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$ eine statistisch signifikant erhöhte Odds Ratio von 2,4 ($CI_{95\%} 1,1-5,3$). Bei einem Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}$ von 0,63 m/s^2 zeigt sich eine statistisch grenzwertig signifikant erhöhte Odds Ratio von 2,3; $CI_{95\%} 1,0-5,5$ (siehe Tabellen 7 und 8).

4. Diskussion

Die Probandengruppe umfasst nur einen relativ kleinen Anteil an Exponierten mit Ganzkörpervibration. Für diese Gruppe mit Schwingungsexposition zeigt sich beim Bandscheibenvorfall der Lendenwirbelsäule kein Zusammenhang mit einer beruflichen Exposition gegenüber Ganzkörpervibration. Für Probanden mit fortgeschrittener Chondrose hingegen deutet sich eine Dosis-Wirkung-Beziehung an. In der höchsten Expositionskategorie findet sich zwar weder bei einem Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}=0,45 \text{ m/s}^2$ noch bei einem Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$ eine statistisch signifikant erhöhte Odds Ratio. Mit ansteigender Dosis zeigt sich jedoch ein monoton ansteigender Trend zu einer erhöhten Erkrankungswahrscheinlichkeit. Werden in die höchste Belastungskategorie ausschließlich Personen mit einer kumulativen Schwingungsbelastung >1.450

Tabelle 6: Assoziation zwischen der kumulativen Dosis durch Ganzkörpervibration (Schwellenwert $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$) und der kumulativen Dosis durch Lastenhandhabung entsprechend Dosismodell 4 bei Männern mit fortgeschrittener Chondrose

Table 6: Association between cumulative exposure to whole body vibration (threshold $a_{w(8)}=0.63 \text{ m/s}^2$) and the cumulative dose for manual materials handling corresponding to dose model 4 in men with severe lumbar chondrosis

Tableau 6: Association entre la dose cumulée à la suite de vibrations du corps entier (valeur seuil $a_{w(8)}=0,63 \text{ m/s}^2$) et la dose cumulée en raison de la manipulation de charges selon le modèle de dose 4 correspondant chez les hommes atteints d'une chondrose avancée.

Gesamtdosis Ganzkörpervibration in $(\text{m/s}^2)^2$	Kumulative Dosis Lastenhandhabung nach Dosismodell 4 in Nh			Summe
	$<4,97 \cdot 10^6$	$(4,97 - < 21,5) \cdot 10^6$	$\geq 21,5 \cdot 10^6$	
0	178 34,0%	158 30,4%	186 35,5%	523
>0 – <364	4 18,2%	8 36,4%	10 45,5%	22
364 – <1.190	3 12,5%	4 16,7%	17 70,8%	24
≥ 1.190	1 3,4%	7 24,1%	21 72,4%	29
Summe	186	178	234	598

(m/s^2)² einbezogen, zeigt sich für beide Schwellenwerte ein grenzwertig signifikant erhöhtes Risiko.

Die vorliegenden Ergebnisse unterstützen die bereits dargestellte Vermutung, dass Prolaps und Chondrose als unterschiedliche Krankheitsbilder betrachtet werden müssen. Möglicherweise führt die Einwirkung von Schwingungen eher zu chronisch degenerativen Veränderungen an den Bandscheiben im Sinne einer Osteochondrose als zu den wahrscheinlich über kürzere Zeiträume verlaufenden Veränderungen, die letztendlich einen Bandscheibenvorfall auslösen.

Die Studienergebnisse stehen nicht im Widerspruch zu den Ergebnissen der epidemiologischen Studie „Ganzkörpervibration“ von Schwarze et al. (1999), die einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Lumbalsyndroms und einer Schwingungsexposition ab einer Beurteilungsbeschleunigung von $a_{w(8)}=0,63 m/s^2$ gefunden hatten. Beide Studien betrachten unterschiedliche Krankheitsbilder. Klinisch betrachtet sind die Fallprobanden der DWS nur eine kleine Teilmenge, der Probanden, die in der Studie von Schwarze et al. (1999) unter dem Begriff *Lumbalsyndrom* erfasst wurden und zwar genau die Teilmenge mit den schwereren und fortgeschritteneren Krankheitsbildern. Unter der Diagnose *Lumbalsyndrom* werden auch leichtere Krankheitsbilder erfasst, die von vornherein in der DWS ausgeschlossen wurden. Des Weiteren konnte in der DWS aufgrund der vorliegenden radiologischen Diagnostik mittels CT und MRT die Fallgruppe *Prolaps* von der Fallgruppe *Chondrose* unterschieden werden, während sich der Begriff *Lumbalsyndrom* auf klinische Befunde und Symptome bezieht und beide Krankheitsbilder beinhalten kann. Die Autoren der Studie „Ganzkörpervibration“ selbst führten aus, dass Aussagen über die Wahrscheinlichkeit des Auftretens schwerer Lumbalsyndrome mit den Studiendaten nicht getroffen werden können. Darüber hinaus scheinen die hier beschriebenen Ergebnisse den Dosisgrenzwert D_{VRI} von 1.450 (m/s^2)² zu bestätigen.

Im Merkblatt zur Berufskrankheit Nr.

Tabelle 7: Assoziation zwischen der lebenslangen Gesamtdosis durch Ganzkörpervibration und fortgeschrittener Chondrose bei Männern unter Berücksichtigung des Dosisrichtwertes nach Dupuis $D_{VRI} > 1.450 (m/s^2)^2$ für die höchste Belastungskategorie. Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}=0,45 m/s^2$

** Gesamtdosis GKV durch vertikale Schwingungen*

****OR adjustiert für manuelle Lastenhandhabung*

F=Fälle, K=Kontrollen, OR=Odds Ratio, CI=Konfidenzintervall, GKV= Ganzkörpervibration

Table 7: Association between cumulative exposure to whole body vibration and severe lumbar chondrosis in men considering a guidance dose value of Dupuis $D_{VRI} > 1.450 (m/s^2)^2$ for the highest category. Threshold $a_{w(8)}=0.45 m/s^2$

** Total dose of WBV due to vertical vibrations*

****OR adjusted for manual load handling*

F=Cases, K=Controls, OR=Odds Ratio, CI=Confidence interval, GKV=Whole body vibration

Tableau 7: Association entre la dose globale de toute une vie à la suite de vibrations du corps entier et chondrose avancée chez les hommes en tenant compte de la valeur indicative de dose selon Dupuis $D_{VRI} > 1.450 (m/s^2)^2$ pour la catégorie de stress maximum. Valeur seuil pour la dose journalière $a_{w(8)}=0,45 m/s^2$

**Dose globale de GKV résultant des vibrations verticales*

****OR ajusté selon la manipulation manuelle de charges*

F=Cas, K=Témoins, OR=Odds ratio, CI=Intervalle de confiance, GKV=Vibrations du corps entier.

Gesamtdosis GKV* in (m/s^2) ²	F	%	K	%	OR-Modell 2*** (CI _{95%})
≥1.160	15	11,7	22	4,9	1,7 (0,8–3,5)
davon >1.450	15	11,7	15	3,3	2,4 (1,1–5,3)

Tabelle 8: Assoziation zwischen der lebenslangen Gesamtdosis durch Ganzkörpervibration und fortgeschrittener Chondrose bei Männern unter Berücksichtigung des Dosisrichtwertes nach Dupuis $D_{VRI} > 1.450 (m/s^2)^2$ für die höchste Belastungskategorie. Schwellenwert für die Tagesdosis $a_{w(8)}=0,63 m/s^2$

** Gesamtdosis GKV durch vertikale Schwingungen*

****OR adjustiert für manuelle Lastenhandhabung*

F=Fälle, K=Kontrollen, OR=Odds Ratio, CI=Konfidenzintervall, GKV= Ganzkörpervibration

Table 8: Association between cumulative exposure to whole body vibration and severe lumbar chondrosis in men considering a guidance dose value of Dupuis $D_{VRI} > 1.450 (m/s^2)^2$ for the highest category. Threshold $a_{w(8)}=0.63 m/s^2$

** Total dose of WBV due to vertical vibrations*

****OR adjusted for manual load handling*

F=Cases, K=Controls, OR=Odds Ratio, CI=Confidence interval, GKV=Whole body vibration

Tableau 8: Association entre la dose globale de toute une vie à la suite de vibrations du corps entier et chondrose avancée chez les hommes en tenant compte de la valeur indicative de dose selon Dupuis $D_{VRI} > 1.450 (m/s^2)^2$ pour la catégorie de stress maximum. Valeur seuil pour la dose journalière $a_{w(8)}=0,63 m/s^2$

**Dose globale de GKV résultant des vibrations verticales*

****OR ajusté selon la manipulation manuelle de charges*

F=Cas, K=Témoins, OR=Odds ratio, CI=Intervalle de confiance, GKV=Vibrations du corps entier.

Gesamtdosis GKV* in (m/s^2) ²	F	%	K	%	OR-Modell 2*** (CI _{95%})
≥1.190	13	9,0	15	3,3	1,9 (0,8–4,3)
davon >1.450	13	9,0	12	2,6	2,3 (1,0–5,5)

2110 BKV werden gesundheitsrelevante Effekte auch unterhalb des Schwellenwertes für die Tagesdosis der Beurteilungsbeschleunigung von $0,63 m/s^2$ diskutiert. Hier ist die Untergrenze der Zone erhöhter Gesundheitsgefährdung mit einem Wert für die Beurteilungsbeschleunigung $a_{w(8)}$ von $0,45 m/s^2$ für eine Expositionsdauer von 10 Jahren und mehr und bei Vorliegen risikoerhö-

hender Faktoren wie Exposition gegenüber stoßhaltigen Schwingungen, Alter bei Expositionsbeginn >40 Jahre und Tätigkeiten in ungünstigen Körperhaltungen angegeben. Das Ergebnis, dass auch bei einer Tagesdosischwelle von $a_{w(8)}=0,45 m/s^2$ eine signifikant erhöhte Odds Ratio für Beschäftigten mit einer Gesamtbelastung $>1.450 (m/s^2)^2$ nachzuweisen war, könnte dies unterstützen.

Die bisherigen Methoden zur Beurteilung eines möglichen Gesundheitsrisikos durch Ganzkörperschwingungen gehen von der Annahme aus, dass externe Belastungen immer zu identischen Wirkungen führen, unabhängig von den körperlichen Voraussetzungen des Fahrers und seiner Arbeitshaltung. Die Ergebnisse anderer Untersuchungen zeigen hier eine Variabilität der internen Belastung durch Faktoren wie Körperbau und Haltung (Hinz et al. 2007).

Möglicherweise ließe sich eine bessere Risikoabschätzung erzielen, wenn nicht von der externen Schwingungsexposition, sondern von der internen Belastung (z.B. lumbale Kompressionskraft) der Probanden ausgegangen würde. Diesbezügliche Ansätze zur Ermittlung und Bewertung der internen Belastung beruhen auf biomechanischen Modellrechnungen, aus denen Vorschläge für die praktische Anwendung abgeleitet werden (Fritz et al. 2005, 2007). Eine derartige Risikoabschätzung könnte neben der internen statischen Kompressionsbelastung z.B. auch die dynamische Kompressionsbelastung und die Bruchfestigkeit der Wirbelkörpergrund- und -deckplatten in Abhängigkeit vom Alter bei Exposition berücksichtigen. Allerdings befinden sich entsprechende Berechnungsmodelle der internen Belastung derzeit noch im Stadium der Erprobung und Validierung. Es bleibt zu prüfen, inwieweit bei schwingungsbelasteten Probanden der Deutschen Wirbelsäulenstudie eine individualisierte Bestimmung der internen Belastung durch Ganzkörperschwingungen möglich ist. Damit könnte gegebenenfalls auch die interne Belastung bei kombinierter Einwirkung durch Lastenhandhabungen, Körperhaltungen und Ganzkörperschwingungen bestimmt werden.

5. Literatur

Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A (2007) Zusammenhang zwischen manueller Lastenhandhabung und lumbaler Chondrose – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 304–316

Bolm-Audorff U, Brandenburg S, Brüning T, Dupuis H, Ellegast R, Elsner G, Franz K, Grasshoff H, Grosser V, Hanisch L, Hartmann B, Hartung E, Hering KG, Heuchert G, Jäger M,

Krämer J, Kranig A, Ludolph E, Luttmann A, Nienhaus A, Pieper W, Pöhl KD, Remé T, Riede D, Rompe G, Schäfer K, Schilling S, Schmitt E, Schröter F, Seidler A, Spallek M, Weber M (2005) Medizinische Beurteilungskriterien zu bandscheibenbedingten Berufskrankheiten der Lendenwirbelsäule (I) Konsensempfehlungen zur Zusammenhangsbegutachtung der auf Anregung des HVBG eingerichteten interdisziplinären Arbeitsgruppe. *Trauma und Berufskrankheit* 7: 211–252

Brinkmann P, Biggemann M, Hillweg D (1988) Fatigue fracture of human lumbar vertebrae. *Clinical Biomechanics* 1: 1–23

Boshuizen N, Hulshof C, Bongers P M (1990): Long-term sick leave and disability pensioning due to back disorders of tractor drivers exposed to whole body vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 62: 117–122

Braun B (1969) Ursachen des lumbalen Bandscheibenvorfalles. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Band 43. Hippokrates-Verlag, Stuttgart

BMGS, Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung (Hrsg. 2005) Merkblatt zu der Berufskrankheit Nr. 2110 Anlage 1 Berufskrankheiten-Verordnung (BKV). Bundesarbeitsblatt H. 7: 43–48

Christ W, Dupuis H (1968) Untersuchung der Möglichkeit von gesundheitlichen Schädigungen im Bereich der Wirbelsäule. *Med Welt* 19: 1919–1920, 1967–1972

Dupuis H (1969) Zur physiologischen Beanspruchung des Menschen durch mechanische Schwingungen. *Fortschr Ber VDI-Z* 11, 7: 1–168

Dupuis H (1993) Erkrankungen durch Ganzkörperschwingungen. In: Konietzko J & Dupuis H: *Handbuch der Arbeitsmedizin*, Kap. IV.3.5, 1–24. ecomed, Landberg

Dupuis H; Hartung E (1994) Arbeitstechnische Voraussetzungen der Berufskrankheit Nr. 2110. *Die BG* 5: 346–349

Ellegast R, Ditchen D, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A (2007) Erhebungen zur beruflichen Wirbelsäulenexposition durch die Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger im Rahmen der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 251–263

Fritz M, Fischer S, Bröde P (2005) Vibration induced low back disorders – comparison of the vibration evaluation according to ISO 2631 with a force-related evaluation. *Appl Ergonomics* 36: 481–488

Fritz M, Geiß O, Fischer S (2007) Vergleich der Schwingungsbewertung von Ganzkörperschwingungen gemäß VDI 2057 von 1987 mit den aktuellen Bewertungen sowie einer kraftbezogenen Bewertung. In: M. Schütte (Schriftl.) *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.) Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen*, S. 553–556. GfA-Press, Dortmund

Guiot, B, Fessler R (2000) Molecular biology of degenerative disc disease. *Neurosurgery* 47: 1034–1042

Hinz B, Seidel H, Blüthner R, Menzel G, Hofmann J, Gericke L, Schust M (2007) Whole-body vibration experimental work and biodynamic modelling, Annex 18 to the final report on Task 6.1: Whole-body vibration laboratory stu-

dies and biodynamic modelling 2007. VI-BRISKS (EC FP5 Project No. QLK4–2002–02650) <http://www.vibrisks.soton.ac.uk>

Jäger M, Geiß O, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Linhardt O, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A, Luttmann A (2007) Biomechanische Analysen zur Belastung der Lendenwirbelsäule innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 264–276

Junghans H (1979) Die Wirbelsäule in der Arbeitsmedizin. Hippokrates, Stuttgart

Köhne G, Zerlett G, Duntze, H (1982) Ganzkörperschwingungen auf Erdbauemaschinen. Schriftenreihe „Humanisierung des Arbeitslebens“. 32, S. 1–366. VDI, Düsseldorf

Linhardt O, Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A, Grifka J (2007) Studiendesign der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 243–250

Miller J, Schmatz B, Schultz A (1988) Lumbar disc degeneration: Correlation with age, sex and spine level in 60000 autopsy specimens. *Spine* 13: 173–178

Schwarze S, Notbohm G, Hartung E, Dupuis H (1999) Epidemiologische Studie „Ganzkörperschwingungen“, Abschlussbericht, Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Sankt Augustin

Schwarze S, Notbohm G, Dupuis H, Hartung E (2003) Dosiskonzept für Belastung und Beanspruchung durch Ganzkörperschwingungen. *Zbl Arbeitsmed* 53: 15–23

Seidel H, Bluethner R, Hinz B, Schust M (1995): Belastungen der Lendenwirbelsäule durch stoßhaltige Ganzkörperschwingungen. In Hartung et al. (Hrsg.) *Belastung und Beanspruchung durch stoßhaltige Ganzkörperschwingungen*. Verbundprojekt Ganzkörperschwingungen III (Schlussbericht), Schriftenreihe BAfAM Forschung Fb 01, Berlin

Seidler A, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Bolm-Audorff U (2007) Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäulenbelastung durch Lastenhandhabungen und lumbalen Prolapskrankungen – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 290–303

Seidel H, Pöplau BM, Huber G, Morlock MM, Püschel K (2007, unveröffentlicht) The size of lumbar vertebral endplate areas – prediction by anthropometric characteristics and significance for fatigue failure due to whole-body vibration. *Int J Indust Ergonomics*

Thompson J (1990) Preliminary evaluation of a scheme for grading the gross morphology of the human intervertebral disc. *Spine* 15: 411–415

VDI-Richtlinie 2057 (2002) Einwirkungen mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Blatt 1: Ganzkörper-Schwingungen, Beuth, Berlin

Verordnung zur Umsetzung der EG-Richtlinien 2002/44/EG und 2003/10/EG zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (2007) Bundesgesetzblatt I, 8: 261–277

Landesgewerbeamt, Wiesbaden¹ ■ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin² ■ Institut für Arbeitsmedizin, Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main³ ■ Orthopädische Universitätsklinik Regensburg, Bad Abbach⁴ ■ Institut für medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg⁵ ■ Lehrstuhl für Arbeitsphysiologie, Arbeitsmedizin und Infektionsschutz, Bergische Universität Wuppertal⁶ ■ Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund⁷ ■ Freiburger Forschungsstelle Arbeits- und Sozialmedizin⁸ ■ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Berlin⁹

Zusammenhang zwischen beruflichen psychosozialen Belastungen und bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie*

Gabriela Petereit-Haack¹, Ulrich Bolm-Audorff¹, Dirk Ditchen², Rolf Ellegast², Gine Elsner³, Joachim Grifka⁴, Johannes Haerting⁵, Friedrich Hofmann^{6,8}, Matthias Jäger⁷, Oliver Linhardt⁴, Alwin Luttmann⁷, Martina Michaelis⁸, Barbara Schumann⁵, Andreas Seidler^{3,9}

G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, B. Schumann, A. Seidler: Zusammenhang zwischen beruflichen psychosozialen Belastungen und bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *ZblArbeitsmed* 57 (2007) 328–336

Schlüsselwörter: Deutsche Wirbelsäulenstudie DWS – psychosoziale Belastung – lumbaler Prolaps – lumbale Chondrose – Dosis-Wirkung-Beziehung

Zusammenfassung: Ziel dieser multizentrischen Fall-Kontroll-Studie, deren Hauptforschungsziel die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Lastenhandhabung, Rumpfbeugung und bandscheibenbedingten Erkrankungen ist, ist in der vorliegenden Arbeit die Untersuchung des Dosis-Wirkung-Zusammenhangs zwischen beruflichen psychosozialen Belastungen sowie LWS-Prolaps und LWS-Chondrose.

286 männliche (Fallgruppe 1=FG1) sowie 278 weibliche Probanden (Fallgruppe 2=FG2) mit LWS-Prolaps und 145 männliche (Fallgruppe 3=FG3) sowie 206 weibliche Probanden (Fallgruppe 4=FG4) mit LWS-Chondrose und 901 bevölkerungsbezogene Kontrollprobanden (453 Männer, 448 Frauen) im Alter zwischen 25 und 70 Jahren wurden in den vier Studienzentren in Deutschland (Frankfurt am Main, Freiburg, Halle, Regensburg) rekrutiert. Die Kontrollpersonen wurden über die regionalen Einwohnermeldeämter gewonnen. Die berufliche psychosoziale Belastung wurde anhand des Screening-Erfassungsinstrumentes „FIT“ (Fragebogen zum Erleben von Intensität und Tätigkeitsspielraum in der Arbeit) mit den beiden Belastungsfaktoren „Arbeitsintensität“ und „Tätigkeitsspielraum“ im Rahmen eines strukturierten computergestützten persönlichen Interviews erhoben. Die „situative Wirbelsäulenbelastung“ (Druckkraft auf die untere Lendenwirbelsäule) wurde mit Hilfe biomechanischer Simulationsrechnungen („Der Dortmunder“) unter Verwendung der Daten einer Expertenbefragung („TAD-Interview“) bestimmt. Daraus wurde die „kumulative Wirbelsäulenbelastung“ mit 10 unterschiedlichen Dosismodellen abgeschätzt. Mit dem Akaike-Information-Kriterium (AIC) wurde für die vier Fallgruppen das jeweils best anpassende Dosismodell zur Erklärung des Zusammenhangs zwischen kumulativer Wirbelsäulenbelastung und lumbaler Chondrose bzw. lumbalem Prolaps bestimmt. Die Auswahl der Confounder basierte auf biologischer Plausibilität und dem Change-in-estimate-Kriterium. Als Risikoschätzer wurden Odds Ratios (OR) und 95%-Konfidenzintervalle (CI) mit Hilfe unkonditionaler logistischer Regressionsanalyse gebildet. Adjustiert wurde für Alter, Region sowie best anpassendem Dosismodell.

Die Fall-Kontroll-Studie zeigt einen statistisch signifikant positiven Zusammenhang zwischen beruflichen psychosozialen Belastungen und der Entwicklung einer LWS-Chondrose bei Frauen. Es findet sich eine monotone Dosis-Wirkung-Beziehung (OR für die höchste Expositions-kategorie=4,0; CI=2,0–8,1). Der Zusammenhang zwischen beruflichen psychosozialen Belastungen und der Entwicklung einer LWS-Chondrose bei Männern (OR für die höchste Expositions-kategorie=2,3; CI=1,0–5,3) sowie der Entwicklung eines LWS-Prolaps bei Männern und Frauen ist statistisch grenzwertig signifikant positiv. Es findet sich bei den Probanden mit einem LWS-Prolaps eine monotone Dosis-Wirkung-Beziehung (OR in der zweithöchsten Expositions-kategorie bei Männern=1,4; CI=0,9–2,2; bei Frauen=1,5; CI=1,0–2,2). Die Ergebnisse könnten erklärt werden über Selection-Bias und unzureichende Operationalisierung der psychosozialen Belastung durch nur zwei Belastungsfaktoren.

Die vorliegende Fall-Kontroll-Studie findet einen Zusammenhang zwischen den beruflichen psychosozialen Belastungen und sowohl der Entwicklung eines LWS-Prolaps als auch einer LWS-Chondrose bei Männern und Frauen. Der Zusammenhang zur LWS-Chondrose bei Frauen ist statistisch signifikant positiv.

Anschrift für die Autoren:

Dr. med. Gabriela Petereit-Haack

Landesgewerbeamt, Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt ■ Simone-Veil-Straße 5 ■ 65197 Wiesbaden ■ Telefon: ++49+611-33095-85 ■ Facsimile: ++49+611-33095-37 ■ E-Mail: g.petereit-haack@lga-rpda.hessen.de

* Mit finanzieller Unterstützung des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. ausgeführte Forschungsarbeit

Association between occupational psychosocial strain and disc diseases of the lumbar spine – Results of the German Spine Study

G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, B. Schumann, A. Seidler: Association between occupational psychosocial strain and disc diseases of the lumbar spine – Results of the German Spine Study. *Zbl Arbeitsmed* 57 (2007) 328–336

Key words: German Spine Study EPILIFT – psychosocial strain – lumbar disc herniation – lumbar chondrosis – dose-response relationship

Summary: The aim of this multi-centre case-control study, whose main research objective is to investigate the relationship between occupational exposure to manual materials handling and/or working postures with trunk inclination and disc-related diseases of the lumbar spine, is to investigate the dose-response relationship between psychosocial job strain and lumbar disc herniation as well as lumbar disc chondrosis.

286 male (case group 1) and 278 female subjects (case group 2) with lumbar disc herniation and 145 male (case group 3) and 206 female subjects (case group 4) with lumbar chondrosis and 901 population control subjects (453 men, 448 women) between 25 and 70 years of age were recruited in four study regions in Germany (Frankfurt am Main, Freiburg, Halle, Regensburg). The control subjects were drawn from the regional population registers. The data on psychosocial job strain was collected using the screening method “FIT” (Questionnaire on perceived work intensity and activity latitude) with the two strain factors “work intensity” and “activity/decision latitude” in the course of a structured personal interview. The “situational spinal load” (compressive force on the lumbosacral disc) was determined by means of biomechanical simulation calculations (“The Dortmund”) on the basis of the data of an expert interview (“TAD-Interview”). Using this data the “cumulative lumbar load” was estimated using 10 alternative dose models. The Akaike information criterion (AIC) was used to measure the goodness of fit of the single dose model for the four case groups to illustrate the relationship between cumulative spinal load and lumbar chondrosis or lumbar disc herniation, respectively. Confounder selection was based on biological plausibility and the “change-in-estimate criterion”. In the epidemiological analysis Odds ratios (OR) and the 95% confidence intervals (CI) were calculated using unconditional logistical regression analysis, adjusted for age and study centre as well as the most appropriate dose model.

The case-control study reveals a statistically significant positive relationship between psychosocial job strain and the development of a lumbar chondrosis among women. We find a monotonous dose-response relationship (OR for the highest exposure category = 4.0; CI = 2.0 – 8.1). The statistical relationship between occupational psychosocial strain and the development of a lumbar chondrosis in men (OR for the highest exposure = 2.3; CI = 1.0 – 5.3) as well as the development of a lumbar disc herniation among men and among women is mar-

Rapport entre les stress psychosociaux professionnels et les affections discales de la colonne vertébrale lombaire – Résultats de l'étude allemande de la colonne vertébrale

G. Petereit-Haack, U. Bolm-Audorff, D. Ditchen, R. Ellegast, G. Elsner, J. Grifka, J. Haerting, F. Hofmann, M. Jäger, O. Linhardt, A. Luttmann, M. Michaelis, B. Schumann, A. Seidler: Rapport entre les stress psychosociaux professionnels et les affections discales de la colonne vertébrale lombaire – Résultats de l'étude allemande de la colonne vertébrale. *Zbl Arbeitsmed* 57 (2007) 328–336

Mots clé: Etude allemande de la colonne vertébrale (DWS) – stress psychosocial – prolapsus lombaire – chondrose lombaire – relation de dose-effet.

Résumé: L'objectif de la présente étude cas-témoins multicentrique dont le but de recherche principal est l'examen du rapport entre la manipulation de charges, la flexion du tronc et les affections discales, est, dans le présent travail, l'analyse du rapport de dose-effet entre les stress psychosociaux professionnels d'une part et le prolapsus et la chondrose de la colonne vertébrale lombaire d'autre part.

286 sujets masculins (groupe de cas 1=FG1) ainsi que 278 sujets féminins (groupe de cas 2=FG2) souffrant d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire et 145 sujets masculins (groupe de cas 3=FG3) ainsi que 206 sujets féminins (groupe de cas 4=FG4) atteints d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire et 901 sujets témoins prélevés dans la population (453 hommes, 448 femmes) âgés de 25 à 70 ans ont été recrutés dans les quatre centres d'étude en Allemagne (Frankfurt-sur-le-Main, Fribourg, Halle, Ratisbonne). Les sujets témoins ont été recrutés quant à eux par le biais des bureaux régionaux de déclaration de résidence. Les données relatives au stress psychosocial professionnel ont été recueillies au moyen de l'instrument de screening «FIT» (questionnaire relatif à l'intensité et à la marge d'activité dans le travail) avec les deux facteurs de stress «Intensité du travail» et «Marge d'activité» dans le cadre d'un interview personnel structuré et assisté par ordinateur. Le «stress situationnel de la colonne vertébrale» (force de compression sur la colonne vertébrale lombaire inférieure) a été défini à l'aide de calculs de simulation biomécaniques (le «Dortmunder») en utilisant les données d'une enquête d'experts («interview TAD»). Le «stress cumulé de la colonne vertébrale» a ensuite été évalué au moyen de 10 modèles de dose différents. Avec le critère d'information d'Akaike (AIC), le modèle de dose le mieux adapté à chacun des quatre groupes de cas a été déterminé pour expliquer le rapport entre le stress cumulé de la colonne vertébrale et une chondrose lombaire voire un prolapsus lombaire. Le choix des confondeurs s'est basé sur la plausibilité biologique et le critère change-in-estimate. Des odds ratios (OR) et des intervalles de confiance de 95% (CI) ont été haussés au rang d'évaluateurs de risque à l'aide d'une analyse de régression logistique non conditionnelle.

L'étude cas-témoins révèle un rapport positif statistiquement significatif entre les stress psychosociaux professionnels

ginally significantly positive. We find a monotonous dose-response relationship (OR in the second-highest exposure category for men=1.4; CI=0.9–2.2; for women=1.5; CI=1.0–2.2) in subjects with lumbar disc herniation. The results could be explained by selection bias or inadequate operationalization of psychosocial strain by only two strain factors.

This case-control study reveals a relationship between occupational psychosocial strain and the development of lumbar disc herniation as well as lumbar chondrosis among men and women. The relationship with lumbar chondrosis among women is statistically significant positive.

et l'apparition d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire chez les femmes. On constate une relation de dose-effet à évolution monotone (OR pour la catégorie d'exposition maximum=4,0 ; CI=2,0–8,1). Le rapport entre les stress psychosociaux professionnels et l'apparition d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire chez les hommes (OR pour la catégorie d'exposition maximum=2,3 ; CI=1,0–5,3) et l'apparition d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire chez les hommes et les femmes est statistiquement et significativement positif. On trouve chez les sujets souffrant d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire une relation de dose-effet monotone (OR dans la deuxième catégorie d'exposition chez les hommes=1,4 ; CI=0,9–2,2 ; chez les femmes=1,5 ; CI=1,0–2,2). Les résultats ont pu être expliqués via des biais de sélection et une opérationnalisation insuffisante du stress psychosocial par deux facteurs de stress seulement.

La présente étude cas-témoins révèle un rapport entre les stress psychosociaux professionnels et l'apparition d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire ainsi que d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire chez les hommes et les femmes. Le rapport avec la chondrose de la colonne vertébrale lombaire chez les femmes est statistiquement et significativement positif.

1. Einleitung

Dem Bereich „psychosoziale Belastung am Arbeitsplatz“ und damit verbundene Krankheitsbilder steht durch den umfangreichen Wandel, den unsere heutige Arbeitswelt erfährt, eine vermehrte öffentliche Aufmerksamkeit gegenüber. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, neurologisch-psychiatrische Erkrankungen sowie muskuloskeletale Erkrankungen werden im Zusammenhang mit psychosozialen Belastungen am Arbeitsplatz diskutiert. Einerseits bedingen muskuloskeletale Erkrankungen in Deutschland einen hohen Krankenstand bzw. führen zur Frühinvalidisierung. Andererseits werden schwere körperliche Belastungen am Arbeitsplatz immer weniger, die psychischen Belastungen (Arbeitszeitverdichtung, unsichere Arbeitsplätze, Globalisierung etc.) steigen dagegen in vielen Arbeitsbereichen stetig an. Nicht nur im Sinne der Ursachenforschung, sondern insbesondere in Hinblick auf präventive Maßnahmen wird Forschung auf diesem Gebiet betrieben. Im Rahmen des Arbeitsschutzes werden Gefährdungsanalysen zur psychosozialen Belastung am Arbeitsplatz gefordert, obwohl die Auswirkung die-

ser Belastung für viele Krankheitsbilder noch nicht hinreichend erforscht ist. Neben kardiovaskulären Erkrankungen stehen Erkrankungen des Muskel-Skelett-Apparates im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Diskussion (Siegrist 1996; Lundberg & Johnson 2000; Elfing et al. 2002; Mühlfordt & Richter 2003; Hasenbring & Pfingsten 2004; Pfingsten 2004; Siegrist et al. 2004; Sobeih et al. 2006). Verschiedene psychosoziale Modelle (*Job demand-control-model*, *JDC*, Karasek & Theorell 1990; *Gratifikationskrisen-Modell*, *Effort-Reward-Model*, Melin & Lundberg 1997, Lundberg & Johansson 2000; Siegrist 1996; Siegrist et al. 2004) und davon abgeleitete Modelle versuchen den Zusammenhang zwischen einer arbeitsplatzbedingten psychosozialen Belastung und einer Muskel-Skelett-Erkrankung darzustellen. Die Deutschen Wirbelsäulenstudie bot neben dem hauptsächlichen Forschungsziel, die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen Lastenhandhabung und belastungsintensiven Körperhaltungen einerseits sowie LWS-Prolaps und LWS-Chondrose andererseits zu untersuchen (Bolm-Audorff et al. 2007; Seidler et al. 2007), die Möglichkeit weitere relevante

Themen wie Schwingungsbelastung und die Frage besonderer beruflicher Risiken zu bearbeiten (Bergmann et al. 2007; Michaelis et al. 2007), so auch das Thema dieser Arbeit, den Zusammenhang zwischen beruflichen psychosozialen Belastungen und LWS-Prolaps sowie LWS-Chondrose.

2. Methodik

Für die detaillierte Darstellung der Falldefinition, des standardisierten Erstinterviews, des Experteninterviews bezüglich der beruflichen Belastung, der Berechnung der internen biomechanischen Belastung der Lendenwirbelsäule und der Abschätzung der am besten anpassenden Dosismodelle wird auf die entsprechenden Beiträge in den aktuellen Ausgaben dieser Zeitschrift verwiesen.

2.1 Studienpopulation

Aus den vier deutschen Studienzentren (Frankfurt am Main, Freiburg, Halle, Regensburg) der Deutschen Wirbelsäulenstudie wurden 286 männliche (Fallgruppe 1=FG1) sowie 278 weibliche Probanden (Fallgruppe 2=FG2) mit LWS-Prolaps und 145 männliche (Fall-

Faktor Arbeitsintensität

- Das von mir verlangte Arbeitstempo ist/war sehr hoch.
- Oft sind/waren die zu lösenden Aufgaben sehr schwierig.
- Es ist/war häufig sehr viel, was von mir an Arbeit geschafft werden muss(te).
- In der Regel ist/war die Zeit zu kurz, so dass ich bei der Arbeit häufig unter Zeitdruck stehe/stand.
- Meine Arbeit erfordert(e) große körperliche Anstrengungen.
- Bei dieser Arbeit muss(te) man zu viele Dinge auf einmal erledigen.

Faktor Tätigkeitsspielraum

- Meine Arbeit erfordert(e) von mir vielfältige Fähigkeiten und Fertigkeiten.
- In meiner Arbeit ist/war es nötig, immer wieder Neues dazuzulernen.
- An meinem Arbeitsplatz habe/hatte ich die Möglichkeit, an der Erarbeitung neuer Lösungen teilzunehmen.
- Das, was ich in meiner beruflichen Ausbildung gelernt habe, kann/konnte ich voll in meiner Arbeit anwenden.
- Ich kann/konnte meine Arbeit selbständig planen und einteilen.
- An Entscheidungen meines Vorgesetzten kann/konnte ich mitwirken.
- Ich muss(te) bei meiner Arbeit viele selbständige Entscheidungen treffen.

Abbildung 1: Fragen zum beruflichen psychosozialen Risiko

Figure 1: Questions regarding the occupational psychosocial risk

Illustration 1: Questions sur le risque psychosocial professionnel.

gruppe 3=FG3) sowie 206 weibliche Probanden (Fallgruppe 4=FG4) mit LWS-Chondrose im Alter zwischen 25 und 70 Jahren in diese multizentrische Fall-Kontroll-Studie einbezogen (ausführliche Beschreibung der Probandenauswahl bei Linhardt et al. 2007). Die entsprechenden Diagnosen waren auf radiologische Aufnahmen (CT und/oder MRT) gestützt. In die vorliegende Studie eingeschlossen wurden alle Patienten, die in einem bestimmten Umkreis zum jeweiligen Studienzentrum wohnen, sich dort in einer stationären oder ambulanten Behandlung auf Grund ihres LWS-Prolapses bzw. ihrer LWS-Chondrose befanden, der jeweiligen Falldefinition entsprachen und die Fragen nach der beruflichen psychosozialen Belastung im Rahmen des Erstinterviews vollständig beantwortet hatten. Von den 915 Fallprobanden der Studie entsprachen 900 diesen Kriterien. Die Kontrollpersonen wurden über die regionalen Einwohnermeldeämter der jeweiligen Studienzentren gewonnen. Dabei handelte es sich um eine Zufallsstichprobe der Wohnbevölkerung, die zum Zeitpunkt der Stichprobe zwischen 25 und 69 Jahre alt waren. Insgesamt 866

der 907 Kontrollprobanden der Studie entsprachen den oben aufgeführten Kriterien zur Beurteilung der psychosozialen Belastung. Das Durchschnittsalter (Median) der insgesamt 900 Fallprobanden lag für Männer und Frauen bei 53 Jahren, das Durchschnittsalter (Median) der 444 männlichen Kontrollprobanden lag bei 48 Jahren, bei den weiblichen 442 Kontrollprobanden bei 46 Jahren.

2.2 Erfassung der psychosozialen Belastung

Alle Probanden wurden von geschulten Interviewern im Rahmen eines computergestützten standardisierten persönlichen Interviews (siehe Linhardt et al. 2007) etwa eineinhalbstündig befragt („Erstinterview“). In diesem Interview war das Screeninginstrument „FIT“ (Fragebogen zum Erleben von Intensität und Tätigkeitsspielraum in der Arbeit) zur Erfassung der beruflichen psychosozialen Belastung integriert. Das von Richter et al. (2000) erarbeitete FIT-Modell ist an das *Job-Demand-Control*-Modell von Karasek & Theorell (1990) angelehnt und erfasst in 13 Fragen das „berufliche psychosoziale Risiko“ (R)

an Hand der Belastungsfaktoren „Arbeitsintensität“ (AI) sowie „Tätigkeitsspielraum“ (TSR). Die zugehörigen Fragen sind in der Abbildung 1 wiedergegeben. Der Quotient (AI/TSR) aus den Belastungsfaktoren „Arbeitsintensität“, mit sechs Fragen ermittelt, und „Tätigkeitsspielraum“, mit sieben Fragen ermittelt, beschrieb dabei das psychosoziale Risiko (R) am Arbeitsplatz. Erfragt wurde zum einen die psychosoziale Belastung zu der Berufsphase, die 10 Jahre zurücklag, zum anderen zur längsten Berufsphase. Von 900 Fallprobanden der 915 DWS-Fall-Probanden sowie von 866 Kontrollprobanden der 901 DWS-Kontroll-Probanden konnten vollständige Antworten zur psychosozialen beruflichen Belastung vor 10 Jahren bzw. zur psychosozialen Belastung der längsten Berufsphase erfasst werden. In die Auswertung einbezogen wurden vorrangig die Angaben zur beruflichen psychosozialen Belastung vor 10 Jahren. Wenn dort keine oder nur unvollständige Angaben vorhanden waren, wurden die Angaben zur psychosozialen Belastung der längsten Berufsphase in die Auswertung einbezogen.

2.3 Erfassung der beruflichen Exposition

Zur detaillierten Erfassung der beruflichen Exposition bezüglich Lastenhandhabung, belastungsintensiven Körperhaltungen sowie Einwirkungen von Ganzkörperschwingungen wurden von Mitarbeitern des Technischen Aufwachdienstes der für die jeweilige Branche zuständigen Unfallversicherungsträger ein etwa zweistündiges semistandardisiertes Experten-Interview („TAD-Interview“) durchgeführt. Alle Probanden mit einer beruflichen Belastung oberhalb festgelegter „Auslöseschwellen“ wurden auf diese Weise befragt. Eine ausführliche Beschreibung dieser Vorgehensweise ist bei Ellegast et al. (2007) gegeben.

2.4 Mechanische Belastung der Lendenwirbelsäule

Auf der Grundlage der TAD-Interviews wurden mit Hilfe des biomechanischen Computermodells „Der Dortmunder“ (Jäger et al. 2000) die mecha-

nische Belastung der unteren Lendenwirbelsäule analysiert. Als Maß der Belastung wurde dazu die Druckkraft auf die lumbosakrale Bandscheibe für alle relevanten Belastungssituationen berechnet. Aus der Höhe, der Dauer und der Häufigkeit dieser „situativen Wirbelsäulenbelastung“ wurde anschließend die „kumulative Wirbelsäulenbelastung“ für das gesamte Berufsleben bestimmt. Die Berechnung erfolgte mit 10 unterschiedlichen Dosismodellen einschließlich des Mainz-Dortmunder Dosismodells (MDD) (Jäger et al. 1999; Hartung et al. 1999). Die Modelle unterschieden sich durch die verwendeten Schwellenwerte, die Einbeziehung verschiedener Formen der Lastenhandhabung (z.B. Heben, Tragen, Ziehen, Schieben) und unterschiedliche Wichtungen der Druckkraft gegenüber der Belastungsdauer. Einzelheiten zu den biomechanischen Berechnungen sind bei Jäger et al. (2007) beschrieben.

2.5 Auswahl des am besten anpassenden Dosismodells

Die Anpassungsgüte der einzelnen Dosismodelle wurde mit dem Akaike-Information-Kriterium (AIC) bestimmt und mit dem Bootstrap-Experiment wurde die statistische Variabilität der AIC-Maße erhoben. Einzelheiten sind bei Seidler et al. (2007) beschrieben. Weiterhin ging die Plausibilität der Dosis-Wirkung-Beziehung als Entscheidungskriterium in die Auswahl des am besten anpassenden Modells ein. Nach diesem Vorgehen wurde für die Fallgruppe 1 das Dosismodell 7, für die Fallgruppen 2 und 4 das Dosismodell 6 und für die Fallgruppe 3 das Dosismodell 4 ausgewählt (Beschreibung der Dosismodelle bei Jäger et al. 2007). Nach dem Change-in-estimate-Verfahren (Veränderung des Ergebnisse um mehr als 10% durch Hinzunahme von weiteren Faktoren in das Modell, z.B. Anzahl der Kinder, Rauchverhalten, Begleiterkrankungen) wurden später in der Auswertung, nach der Festlegung des am besten anpassenden Dosismodells, neben den Basisconfoundern (Alter und Studienregion) fallgruppenspezifisch weitere Confounder bestimmt.

2.6 Epidemiologische Auswertung

Nach einem im Vorhinein festgelegten Konzept (Seidler et al. 2007) wurde die epidemiologische Auswertung durchgeführt, wobei es das Ziel der in dieser Arbeit beschriebenen Auswertung war, den Zusammenhang bzw. eine Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen beruflichen psychosozialen Belastungen und band-scheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule darzustellen.

Für die epidemiologische Auswertung wurde eine Kategorisierung aller Expositionsvariablen durchgeführt: Nach Ausschluss der „Null“-Werte erfolgte eine Einteilung in Terzile nach der Verteilung bei den Kontrollpersonen. Unter bestimmten Bedingungen wurde die „Null-Gruppe“ mit dem ersten Terzil zusammengefasst bzw. eine vierte Kategorie (so genannte Hochdosiskategorie mit dem Cutpoint 95%-Perzentil) gebildet. Für die Einschätzung der Güte der einzelnen Dosismodelle wurde bei den 10

Dosismodellen die Einteilung einmal mit und einmal ohne Hochdosiskategorie untersucht. Als Risikoschätzer wurden Odds Ratios (OR) und 95%-Konfidenzintervalle (CI) mit Hilfe der un-konditionalen logistischen Regressionsanalyse gebildet und neben den „Basisconfoundern“ (Alter, Studienregion) weitere biologisch plausible Confounder überprüft.

Entsprechend der Variablenbildung in der Studie wurde auch die Variable „psychosoziales Risiko“ ($R=AI/TSR$) als Quotient der Belastungsfaktoren „Arbeitsintensität“ (AI) sowie „Tätigkeitsspielraum“ (TSR) kategorisiert. Es erfolgte eine Einteilung in Terzile mit Bildung einer Hochdosiskategorie, da das höchste Terzil mehr als 10% der Kontrollprobanden enthielt.

Adjustiert wurde nach Studienzentrum, Alter sowie dem für die jeweilige Fallgruppe am besten anpassenden Dosismodell zur Beschreibung der Dosis-

Tabelle 1: Berufliches psychosoziales Risiko ($R=AI/TSR$) bei Männern mit LWS-Prolaps (Fallgruppe 1)

R: Psychosoziales Risiko, AI: Arbeitsintensität, TSR: Tätigkeitsspielraum, FG: Fallgruppe, FG 1: Männer mit LWS-Prolaps, F: Fallprobanden, K: Kontrollprobanden, Adj. OR: Adjustierte Odds Ratios, CI: Konfidenzintervall, sm: sensible und motorische Ausfälle, m: motorische Ausfälle, s: sensible Ausfälle

Table 1: Occupational psychosocial risk ($R=AI/TSR$) for men with lumbar disc herniation (case group 1)

R: Psychosocial risk, AI: Work intensity, TSR: Activity/decision latitude, FG: Case group, FG 1: Men with lumbar disc herniation, F: Case subjects, K: Control subjects, Adj. OR: Adjusted odds ratios, CI: Confidence interval, sm: sensor and motor nerve failure, m: motor nerve failure, s: sensor nerve failure

Tableau 1: Risque psychosocial professionnel ($R=AI/TSR$) chez les hommes atteints d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire (groupe de cas 1).

R: Risque psychosocial, AI: Intensité du travail, TSR: Marge d'activité, FG: Groupe de cas, FG 1: Hommes souffrant d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire, F: Sujets cas, K: Sujets témoins, Adj. OR: Odds ratios ajustés, CI: Intervalle de confiance, sm: déficiences motrices et de la sensibilité, m: déficiences motrices, s: déficiences de la sensibilité.

R=AI/TSR	F	%	K	%	Adj.* OR (95%-CI)
Alle männlichen Probanden mit LWS-Prolaps (FG1), n=283					
≤0,72	62	21,9	140	31,5	1,0
0,72-≤0,93	103	36,4	157	35,4	1,4 (0,9 – 2,1)
F0,93-≤1,44	99	35,0	128	28,8	1,4 (0,9 – 2,2)
>1,44	19	6,7	19	4,3	1,6 (0,7 – 3,3)
Männer mit Prolaps mit sensiblen Ausfällen (FG1s), n=126					
≤0,72	28	22,2	140	31,5	1,0
0,72-≤0,93	42	33,3	157	35,4	1,3 (0,7 – 2,3)
0,93-≤1,44	45	35,7	128	28,8	1,5 (0,8 – 2,6)
>1,44	11	8,7	19	4,3	1,8 (0,7 – 4,6)
Männer mit Prolaps mit motorischen Ausfällen (FG1m und FG1sm), n=156					
≤0,72	34	21,8	140	31,5	1,0
0,72-≤0,93	60	38,5	157	35,4	1,5 (0,9 – 2,5)
0,93-≤1,44	54	34,6	128	28,8	1,4 (0,8 – 2,3)
>1,44	8	5,1	19	4,3	1,2 (0,5 – 3,2)

Wirkung-Beziehung zwischen beruflicher Belastung und Erkrankung (siehe Kapitel 2.5. Weitere Confounder konnten nach dem *Change-in-estimate*-Verfahren (Prüfung, ob bei Berücksichtigung des betrachteten Confounders eine Veränderung des Risikoschätzers um 10% erfolgt) ausgeschlossen werden (Körpergröße, Körpergewicht, Zigarettenkonsum, Anzahl der Kinder, sportliche Aktivitäten, muskulo-skelettale Begleiterkrankungen).

Die epidemiologische Auswertung der beruflichen psychosozialen Belastung erfolgte nach Fallgruppen und, innerhalb dieser, nach klinisch definierten Untergruppen (motorische und/oder sensible Ausfälle, lokales Lumbalsyndrom, siehe Fallgruppenbeschreibung bei Linhardt et al. 2007).

3. Ergebnisse

In den nachfolgenden Tabellen sind die Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen beruflicher psychosozialer Belastung (erfasst über die beiden Belastungsfaktoren „Arbeitsintensität“ und „Tätigkeitsspielraum“) einerseits und dem Auftreten einer bandscheibenbedingten Erkrankung der Lendenwirbelsäule (LWS-Prolaps bzw. LWS-Chondrose) getrennt nach Männern und Frauen sowie klinisch definierten Untergruppen dargestellt.

3.1 Männliche Probanden mit einem LWS-Prolaps

Bei den männlichen Probanden mit einem LWS-Prolaps (Fallgruppe 1, Tabelle 1) zeigt sich eine monoton ansteigende Dosis-Wirkung-Beziehung bis zur Hochdosiskategorie. Der Zusammenhang ist grenzwertig signifikant positiv. In der zweithöchsten Dosiskategorie liegt die Odds Ratio bei 1,4 (95%-Konfidenzintervall CI 0,9–2,2). In der klinischen Untergruppe mit sensiblen Ausfällen zeigt sich ebenfalls eine monoton ansteigende Dosis-Wirkung-Beziehung; diese ist allerdings statistisch nicht signifikant. In der zweiten klinischen Untergruppe (mit motorischen Ausfällen) lässt sich weder eine Dosis-Wirkung-Beziehung noch ein statistisch signifikanter Zusammenhang darstellen.

Tabelle 2: Berufliches psychosoziales Risiko ($R=AI/TSR$) bei Männern mit LWS-Chondrose (Fallgruppe 3)

R: Psychosoziales Risiko, AI: Arbeitsintensität, TSR: Tätigkeitsspielraum, FG: Fallgruppe, FG 3: Männer mit LWS-Chondrose, F: Fallprobanden, K: Kontrollprobanden, Adj. OR: Adjustierte Odds Ratios, CI: Konfidenzintervall, sm: sensible und motorische Ausfälle, m: motorische Ausfälle, s: sensible Ausfälle, b: lokales Lumbalsyndrom

Table 2: Occupational psychosocial risk ($R=AI/TSR$) for men with lumbar chondrosis (case group 3)
R: Psychosocial risk, AI: Work intensity, TSR: Activity/decision latitude, FG: Case group, FG 3: Men with lumbar chondrosis, F: Case subjects, K: Control subjects, Adj. OR: Adjusted odds ratios, CI: Confidence interval, sm: sensor and motor nerve failure, m: motor nerve failure, s: sensor nerve failure, b: local lumbar syndrome

Tableau 2: Risque psychosocial professionnel ($R=AI/TSR$) chez les hommes souffrant d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire (groupe de cas 3).

R: Risque psychosocial, AI: Intensité du travail, TSR: Marge d'activité, FG: Groupe de cas, FG 3: Hommes souffrant d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire, F: Sujets cas, K: Sujets témoins, Adj. OR: Odds ratios ajustés, CI: Intervalle de confiance, sm: déficiences motrices et de la sensibilité, m: déficiences motrices, s: déficiences de la sensibilité, b: syndrome lombaire local.

R=AI/TSR	F	%	K	%	Adj.* OR (95%-CI)
Alle männlichen Probanden mit LWS-Chondrose (FG3), n=142					
≤0,72	40	28,2	140	31,5	1,0
0,72–≤0,93	49	34,5	157	35,4	1,0 (0,6 – 1,7)
0,93–≤1,44	39	27,5	128	28,8	0,8 (0,5 – 1,4)
>1,44	14	9,9	19	4,3	2,3 (1,0 – 5,3)
Männer mit LWS-Chondrose mit sensiblen Ausfällen (FG3s), n=34					
≤0,72	10	29,4	140	31,5	1,0
0,72–≤0,93	8	23,5	157	35,4	0,6 (0,2 – 1,7)
0,93–≤1,44	11	32,4	128	28,8	0,9 (0,4 – 2,3)
>1,44	5	14,7	19	4,3	2,6 (0,7 – 9,0)
Männer mit LWS-Chondrose mit motorischen Ausfällen (FG3sm, FG3m), n=45					
≤0,72	15	33,3	140	31,5	1,0
0,72–≤0,93	14	31,1	157	35,4	0,7 (0,3 – 1,7)
0,93–≤1,44	12	26,7	128	28,8	0,6 (0,3 – 1,4)
>1,44	4	8,9	19	4,3	1,3 (0,3 – 4,7)
Männer mit LWS-Chondrose mit lokalem Lumbalsyndrom (FG3b), n=63					
≤0,72	15	23,8	140	31,5	1,0
0,72–≤0,93	27	42,9	157	35,4	1,6 (0,8 – 3,2)
0,93–≤1,44	16	25,4	128	28,8	1,0 (0,5 – 2,1)
>1,44	5	7,9	19	4,3	2,4 (0,7 – 8,0)

3.2 Männliche Probanden mit einer LWS-Chondrose

Bei den männlichen Probanden mit einer LWS-Chondrose (Fallgruppe 3, Tabelle 2) zeigt sich ein Anstieg des Dosis-Wirkung-Zusammenhanges von der ersten zur Hochdosiskategorie. In der zweithöchsten Kategorie ist dieser Wirkungsanstieg allerdings nicht darstellbar. In der Hochdosiskategorie zeigt sich eine Verdoppelung des Risikos mit einem grenzwertig signifikant positiven Zusammenhang und einer OR von 2,3 (CI 1,0–5,3). In der klinischen Untergruppe mit sensiblen Ausfällen zeigt sich ein Anstieg der Dosis-Wirkung-Beziehung bis zur Hochdosiskategorie. In der Untergruppe mit motorischen Ausfällen sowie der Untergruppe mit einem lokalen Lumbalsyndrom ist nur zur jeweiligen Hochdosiskategorie ein An-

stieg darzustellen. In allen drei klinischen Untergruppen ist der Zusammenhang statistisch nicht signifikant.

3.3 Weibliche Probanden mit einem LWS-Prolaps

Bei den weiblichen Probanden mit einem LWS-Prolaps (Fallgruppe 2, Tabelle 3) zeigt sich eine monoton ansteigende Dosis-Wirkung-Beziehung bis zur Hochdosiskategorie. Der Zusammenhang ist grenzwertig signifikant positiv. In der zweithöchsten Dosiskategorie liegt die OR bei 1,5 (CI 1,0–2,2). In den klinischen Untergruppen mit sensiblen Ausfällen sowie mit motorischen Ausfällen zeigt sich eine monoton ansteigende Dosis-Wirkung-Beziehung; diese ist in der Untergruppe mit sensiblen Ausfällen statistisch grenzwertig signifikant. In der zweithöchsten Dosiska-

tegorie liegt die entsprechende OR bei 1,5 (CI 0,9–2,5).

3.4 Weibliche Probanden mit einer LWS-Chondrose

Bei den weiblichen Probanden mit einer LWS-Chondrose (Fallgruppe 4, Tabelle 4) zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Dosis-Wirkung-Beziehung bis in die Hochdosiskategorie. Der Zusammenhang ist statistisch deutlich signifikant positiv. Ein vierfach erhöhtes Risiko konnte in der Hochdosiskategorie beschrieben werden. Die dazugehörige OR liegt bei 4,0 (CI 2,0–8,1). Auch in den klinischen Untergruppen (mit sensiblen Ausfällen, mit motorischen Ausfällen, mit lokalem Lumbalsyndrom) ist jeweils eine monoton ansteigende Dosis-Wirkung-Beziehung darzustellen. Der Zusammenhang ist jeweils statistisch deutlich signifikant positiv.

4. Diskussion

Bei den Probanden mit LWS-Prolaps zeigte sich sowohl bei Männern als auch bei Frauen ein grenzwertig signifikantes Ergebnis, insbesondere bei den Personen mit sensiblen Ausfällen. Eine Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen der beruflichen psychosozialen Belastung und der Entwicklung eines LWS-Prolapses ist zu erkennen. In den jeweiligen klinischen Untergruppen ist der Zusammenhang unterschiedlich stark ausgeprägt. Hingegen zeigt sich bei den Fällen mit einer LWS-Chondrose ein geschlechtsbezogener Unterschied: Bei den weiblichen Probanden besteht eine klare Dosis-Wirkung-Beziehung mit hochsignifikantem Ergebnis; bei den Männern nicht. In der Literatur sind einige Arbeiten vorhanden, die einen Zusammenhang zwischen psychosozialer Belastung am Arbeitsplatz und Muskel-Skelett-Beschwerden aufzeigen (z.B. Mühlpfordt & Richter 2003; Sobeih 2006). Marras et al. (2000) konnte unter Laborbedingungen zeigen, dass eine hohe psychische Belastung den Druck auf die Wirbelsäule verstärkt. Einen Zusammenhang zwischen psychosozialer Belastung und speziell einem LWS-Prolaps bzw. einer LWS-Chondrose als Muskel-Skelett-Erkrankung beschrieben Seidler et al. (2003) und Boos et al. (1995). In

der Arbeit von Seidler wurde, ähnlich wie bei Boos, für berufliche psychosoziale Belastung mit den beiden Faktoren „Zeitdruck und Kundenkontakt“ ein statistisch signifikant positiver Zusammenhang mit der Entwicklung eines LWS-Prolaps gefunden.

Kritisch ist in der vorliegenden Arbeit zu hinterfragen, ob das Screening-Erhebungsinstrument FIT mit nur zwei Belastungsfaktoren die berufliche Belastung am Arbeitsplatz in Bezug auf eine bandscheibenbedingte Erkrankung der Lendenwirbelsäule realistisch widerspiegelt, oder ob nicht andere Belastungsparameter, z.B. Monotonie am Arbeitsplatz (DIN EN ISO 10075–1), zutreffender sind. Im Rahmen der Deutschen Wirbelsäulenstudie war nur ein kurzes Screeninginstrument zur Erfassung der psychosozialen Belastung den Probanden zumutbar, da das Erstinterview, in das der FIT-Fragebogen inte-

griert war, bereits ein Dauer von etwa eineinhalb Stunden hatte. Die kritische Betrachtung der Ergebnisse sollte darüber hinaus einen Selection-Bias nicht übergehen: es ist anzunehmen, dass die Fallprobanden, also Personen mit krankheitsbedingten Schmerzen, psychische Belastung am Arbeitsplatz sensibler wahrnehmen und darüber hinaus häufiger einen Arzt konsultieren als die Kontrollpersonen, so dass zum einen die hier betrachteten Fallprobanden selektiert sein können, zum anderen, aufgrund unterschiedlicher Wahrnehmung der Arbeitsbedingungen, die psychosozialen Belastungen vermehrt empfunden wurden.

5. Schlussfolgerung

Die Erfassung der psychosozialen Belastung in der DWS ist nur als eine Screening-Erfassung zu betrachten. Trotzdem stützen die Ergebnisse bereits in der Literatur vorhandene Befunde.

Tabelle 3: Berufliches psychosoziales Risiko ($R=AI/TSR$) bei Frauen mit LWS-Prolaps (Fallgruppe 2)
R: Psychosoziales Risiko, AI: Arbeitsintensität, TSR: Tätigkeitsspielraum, FG: Fallgruppe, FG 2: Frauen mit LWS-Prolaps, F: Fallprobanden, K: Kontrollprobanden, Adj. OR: Adjustierte Odds Ratios, CI: Konfidenzintervall, sm: sensible und motorische Ausfälle, m: motorische Ausfälle, s: sensible Ausfälle

Table 3: Occupational psychosocial risk ($R=AI/TSR$) for women with lumbar disc herniation (case group 2)
R: Psychosocial risk, AI: Work intensity, TSR: Activity/decision latitude, FG: Case group, FG 2: Women with lumbar disc herniation, F: Case subjects, K: Control subjects, Adj. OR: Adjusted odds ratios, CI: Confidence interval, sm: sensor and motor nerve failure, m: motor nerve failure, s: sensor nerve failure

Tableau 3: Risque psychosocial professionnel ($R=AI/TSR$) chez les femmes atteintes d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire (groupe de cas 2).
R: Risque psychosocial, AI: Intensité du travail, TSR: Marge d'activité, FG: Groupe de cas, FG 2: Femmes souffrant d'un prolapsus de la colonne vertébrale lombaire, F: Sujets cas, K: Sujets témoins, Adj. OR: Odds ratios ajustés, CI: Intervalle de confiance, sm: déficiences motrices et de la sensibilité, m: déficiences motrices, s: déficiences de la sensibilité.

R=AI/TSR	F	%	K	%	Adj.* OR (95%-CI)
Alle weiblichen Probanden mit LWS-Prolaps (FG2), n=273					
≤0,72	75	27,5	145	34,4	1,0
0,72-≤0,93	70	25,6	131	31,0	1,0 (0,7 – 1,5)
0,93-≤1,44	105	38,5	121	27,0	1,5 (1,0 – 2,2)
>1,44	23	8,4	25	11,4	1,6 (0,8 – 3,0)
Frauen mit Prolaps mit sensiblen Ausfällen (FG2s), n=139					
≤0,72	37	26,6	145	34,4	1,0
0,72-≤0,93	35	25,2	131	31,0	1,0 (0,6 – 1,8)
0,93-≤1,44	54	38,8	121	28,7	1,5 (0,9 – 2,5)
>1,44	13	9,4	25	5,9	1,8 (0,8 – 4,0)
Frauen mit Prolaps mit motorischen Ausfällen (FG2m und FG2sm), n=134					
≤0,72	38	28,4	145	34,4	1,0
0,72-≤0,93	35	26,1	131	31,0	0,9 (0,6 – 1,6)
0,93-≤1,44	51	38,1	121	28,7	1,4 (0,8 – 2,3)
>1,44	10	7,5	25	5,9	1,4 (0,6 – 1,8)

Die Ergebnisse der DWS fordern dazu auf, weitere Untersuchungen auf dem Gebiet „psychosoziale Belastung und Muskel-Skelett-Erkrankungen“ zu betreiben.

6. Literatur

Bergmann A, Seidler A, Schumann B, Fischer S, Bolm-Audorff U, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Hinz B, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Haerting J (2007) Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition durch Ganzkörpervibration und bandscheibenbedingten Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Auswertungen innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 317–327

Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A (2007)

Zusammenhang zwischen manueller Lastenhandhabung und lumbaler Chondrose – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 304–316

Boos N, Rieder R, Schade V, Spratt KF, Semmer N, Aebi M (1995) The diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging, work perception, and psychosocial factors in identifying symptomatic disc herniation. *Spine* 20: 2613–2625

DIN EN ISO 10075–1 (2000) Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastungen. Teil1: Allgemeines und Begriffe. Beuth, Berlin

Elfering A, Semmer NK, Schade V, Grund S, Boos N (2002) Supportive colleague, unsupportive supervisor. The role of provider-specific constellations of social support at work in the development of low back pain. *J Occup Health Psychol* 7: 130–140

Ellegast R, Ditchen D, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A (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, Luttmann A, Bolm-Audorff U, Kuhn S, Paul R, Franks H-P (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 Voraussetzung im Berufskrankheiten-Feststellungsverfahren. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 34: 112–122

Hasenbring M, Pflingsten M (2004) Psychologische Mechanismen der Chronifizierung, Konsequenzen für die Prävention. In: Baseler C, Franz B, Kröner-Herwig H, Rehfisch P (Hrsg.) *Psychologische Schmerztherapie* 99–118. Springer, Berlin

Jäger M, Luttmann A, Bolm-Audorff U, Schäfer K, Hartung E, Kuhn S, Paul R, Franks H-P (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, Luttmann A, Göllner R, Laurig W (2000) Der Dortmunder: Biomechanische Modellbildung zur Bestimmung und Beurteilung der Belastung der Lendenwirbelsäule bei Lastenhandhabungen. In: Radandt S, Grieshaber R, Schneider W (Hrsg.) *Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen*, S. 105–124, Monade, Leipzig

Jäger M, Geiß O, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Linhardt O, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A, Luttmann A (2007) Biomechanische Analysen zur Belastung der Lendenwirbelsäule innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 264–276

Karasek R, Theorell T (1990) *Healthy work: stress, productivity and the reconstruction of working life*. Basic Books, New York

Linhardt O, Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Hofmann F, Jäger M, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A, Grifka J (2007) Studiendesign der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 243–250

Lundberg U, Johansson G (2000) Stress and health risks in repetitive work and supervisory monitoring work. In: Backs RW, Boucsein W (Eds.) *Engineering Psychophysiology – Issues and Applications*, S. 339–359. Erlbaum, Mahwah NJ

Marras WS, Davis KG, Heaney CA, Maronitis AB, Allread WG (2000) The influence of psychosocial stress, gender, and personality on mechanical loading of the lumbar spine. *Spine* 25: 3045–3054

Melin B, Lundberg U (1997) A biopsychosocial approach to work-stress and musculoskeletal disorders. *J Psychophysiol* 11: 238–247

Michaelis M, Hofmann F, Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A (2007) Zusammenfassung der Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 328–336

Tabelle 4: Berufliches psychosoziales Risiko (R=AI/TSR) bei Frauen mit LWS-Chondrose (Fallgruppe 4)
R: Psychosoziales Risiko, AI: Arbeitsintensität, TSR: Tätigkeitsspielraum, FG: Fallgruppe, FG 4: Frauen mit LWS-Chondrose, F: Fallprobanden, K: Kontrollprobanden, Adj. OR: Adjustierte Odds Ratios, CI: Konfidenzintervall, sm: sensible und motorische Ausfälle, m: motorische Ausfälle, s: sensible Ausfälle, b: lokales Lumbalsyndrom

Table 4: Occupational psychosocial risk (R=AI/TSR) for women with lumbar chondrosis (case group 4)
R: Psychosocial risk, AI: Work intensity, TSR: Activity/decision latitude, FG: Case group, FG 4: Women with lumbar chondrosis, F: Case subjects, K: Control subjects, Adj. OR: Adjusted odds ratios, CI: Confidence interval, sm: sensor and motor nerve failure, m: motor nerve failure, s: sensor nerve failure, b: local lumber syndrome

Tableau 4: Risque psychosocial professionnel (R=AI/TSR) chez les femmes souffrant d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire (groupe de cas 4)
R: Risque psychosocial, AI: Intensité du travail, TSR: Marge d'activité, FG: Groupe de cas, FG 4: Femmes souffrant d'une chondrose de la colonne vertébrale lombaire, F: Sujets cas, K: Sujets témoins, Adj. OR: Odds ratios ajustés, CI: Intervalle de confiance, sm: déficiences motrices et de la sensibilité, m: déficiences motrices, s: déficiences de la sensibilité, b: syndrome lombaire local.

R=AI/TSR	F	%	K	%	Adj.* OR (95%-CI)
Alle weiblichen Probanden mit LWS-Chondrose (FG4), n=202.					
≤0,72	44	21,8	145	34,4	1,0
0,72-≤0,93	48	23,8	131	31,0	1,2 (0,7 – 2,0)
0,93-≤1,44	79	39,1	121	28,7	1,8 (1,1 – 2,9)
>1,44	31	15,3	25	5,9	4,0 (2,0 – 8,1)
Frauen mit LWS-Chondrose mit sensiblen Ausfällen (FG4s), n=42					
≤0,72	7	16,7	145	34,4	1,0
0,72-≤0,93	9	21,4	131	31,0	1,4 (0,5 – 4,2)
0,93-≤1,44	18	42,9	121	28,7	2,6 (1,0 – 7,3)
>1,44	8	19,0	25	5,9	8,2 (2,3 – 30,2)
Frauen mit LWS-Chondrose mit motorischen Ausfällen (FG4sm, FG4m), n=50					
≤0,72	11	22,0	145	34,4	1,0
0,72-≤0,93	12	24,0	131	31,0	1,1 (0,4 – 2,7)
0,93-≤1,44	19	38,0	121	28,7	1,8 (0,8 – 4,2)
>1,44	8	16,0	25	5,9	5,4 (1,8 – 16,3)
Frauen mit LWS-Chondrose mit lokalem Lumbalsyndrom (FG4b), n=110					
≤0,72	26	23,6	145	34,4	1,0
0,72-≤0,93	27	24,5	131	31,0	1,1 (0,6 – 2,1)
0,93-≤1,44	42	38,2	121	28,7	1,6 (0,9 – 2,9)
>1,44	15	13,6	25	5,9	3,3 (1,4 – 7,7)

mann A, Nübling M, Peterit-Haack G, Seidler A (2007) Risikobranchen und -berufe für die Entwicklung bandscheibenbedingter Erkrankungen der Lendenwirbelsäule – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 277–286

Mühlpfordt S, Richter P (2003) Evaluation eines orientierenden Verfahrens zur Erfassung psychischer Belastungen am Arbeitsplatz. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschungsbericht FB 995. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven

Pfingsten M (2004) Angstvermeidungs- Überzeugungen bei Rückenschmerzen. Gütekriterien und prognostische Relevanz des FABQ. *Der Schmerz* 18: 17–27

Richter P, Hemmann E, Merboth H, Fritz S, Hansgen C, Rudolf M (2000) Das Erleben von Arbeitsintensität und Tätigkeitsspielraum – Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur orientierenden Analyse (FIT). *Z Arbeits- Organisationspsychol* 44: 129–13

Seidler A, Bolm-Audorff U, Siol T, Henkel N, Fuchs C, Schug H, Leheta F, Marquardt G, Schmitt E, Ulrich PT, Beck W, Missalla A, Elsner G (2003) Occupational risk for symptomatic lumbar disc herniation; a case-control study. *Occup Environ Med* 60: 821–830

Seidler A, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka J, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Peterit-Haack G, Bolm-Audorff U (2007) Zusammenhang zwischen der kumulativen Wirbelsäu-

lenbelastung durch Lastenhandhabungen und lumbalen Prolapserkrankungen – Ergebnisse der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed* 57: 290–303

Siegrist J (1996) Soziale Krisen und Gesundheit. Hogrefe, Göttingen

Siegrist J, Starke D, Chandola T, Godin I, Marmot M, Niedhammer I, Peter R (2004) The measurement of effort-reward imbalance at work: European comparisons. *Social Sciences & Medicine* 58: 1483–1499

Sobeih TM, Salem O, Daraiseh N, Genaidy A, Shell R (2006) Psychosocial factors and musculoskeletal disorders in the construction industry: a systematic review. *Theoretical Issue in Ergonomics Science* 3: 329–344

Mitteilungen

News Informations

BGN-PRÄVENTIONSPREIS 2008

GOOD PRACTICE IM NAHRUNGSMITTEL- UND GASTGEWERBE

Die Berufsgenossenschaft für Nahrungsmittel und Gaststätten BGN schreibt zum dritten Mal ihren Präventionspreis für gute Präventionsideen, kreative Lösungen zur Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz und für erfolgreiche Organisations- und Motivationskonzepte aus. Es steht wieder ein Preisgeld von insgesamt 50.000 Euro zur Verfügung. Große und kleine Betriebe aus der Gastronomie, der Nahrungsmittelproduktion und der Getränkeindustrie waren ebenso unter den Siegern wie ein Mühlenbetrieb und eine Molkerei. Mit Hauptpreisen ausgezeichnet wurden technische Einzellösungen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit und der Ergonomie sowie organisatorische Ansätze z.B. zur Optimierung der Unterweisung, des Notfallmanagements oder der Gefährdungsbeurteilung. Darüber hinaus prämierte die BGN Unter-

nehmen, die besondere Präventionserfolge einer vorbildlichen Arbeitsschutzkultur oder eines umfassenden Kommunikationskonzeptes erzielten. Auch jetzt sucht die BGN wieder solche wegweisenden Arbeitsschutzlösungen der Betriebe. Als Anreiz winken *Hauptpreise bis zu 10.000 Euro*.

Alle BGN-Mitgliedsbetriebe sind aufgerufen, sich um den Präventionspreis 2008 zu bewerben.

Bewerbungsschluss: 29. Februar 2008

Weitere Informationen zum Präventionspreis gibt

Herr Jörg Bergmann

Telefon: +49+621-4456.3404

eMail: joerg.bergmann@bgn.de

http://praevention.portal.bgn.de/webcom/show_article.php/_c-7622/_nr-1/_lkm-7175/i.html

GERMAN OSTEOARTHRITIS TRIAL PRÜFT MEDIKAMENTÖSE THERAPIEN BEI ARTHROSE

Im Rahmen der GOAT-Studie (German Osteoarthritis Trial) wurde die Wirkung verschiedener innovativer medikamentöser Therapien bei Arthrose untersucht. Die jüngsten Ergebnisse Studie sowie die Zweijahresergebnisse wurden an der Orthopädischen Universitätsklinik Düsseldorf vorgestellt worden.

Alle 376 Studienteilnehmer litten unter schmerzhafter Kniegelenkarthrose und wurden mit der Orthokin-Therapie, Hyaluronsäure oder Placebo-Injektionen behandelt. Sechs Monate nach der Behandlung zeigte sich ein unterschiedlicher Behandlungserfolg: Den Orthokin-Patienten ging es deutlich besser als den mit Hyaluronsäure oder Placebo behandelten Mitpatienten. Die in Zusammenarbeit von Universitätsklinikum Düsseldorf und dem Zentrum für Molekulare Orthopädie

durchgeführte Studie wurde aktuell in der Fachzeitschrift *BioDrugs* publiziert. Inzwischen sprechen auch die Zweijahresergebnisse für die Behandlung mit körpereigenen Proteinen.

Weitere Informationen finden sich in www.orthokin.de

Für weitere Informationen stehen zur Verfügung:

Universitätsklinik Düsseldorf / Orthopädische Klinik

Direktor Prof. Dr. med. Rüdiger Krause

Moorenstr. 5 ■ 40225 Düsseldorf

Telefon: +49+211-81.17960/17961 ■ Facsimile: +49+211-81.16281

Zentrum für Molekulare Orthopädie

Prof. Dr. med. Peter Wehling

Königsallee 53–55 ■ 40212 Düsseldorf

Telefon: +49+211-828937.10 ■ Facsimile: +49+211-828937.11

PREISVERLEIHUNGEN ZUM SCHUTZ VON GESUNDHEIT UND SICHERHEIT AM ARBEITSPLATZ

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) hat anlässlich von Messe und Kongress *A + A 2007* in Düsseldorf den Deutschen Arbeitsschutzpreis 2007 den mit 15.000 Euro dotierten Hauptpreis an die *Jungheinrich AG*. Das Hamburger Unternehmen entwickelte einen Gabelstapler mit einer um 180 Grad drehbaren Fahrerkabine. Das Fahrzeug ermöglicht Rückwärtsfahren ohne Drehen des Oberkörpers und verbessert unabhängig von der Fahrtrichtung die Sicht des Fahrers.

Vier weitere Unternehmen erhielten Preise, die mit je 5.000 Euro dotiert sind.

Den Preis in der Kategorie „Sicherheitstechnik / Praxislösungen“ erhielt die *Eurogate Container Terminal Bremerhaven GmbH*. Das Unternehmen entwickelte ein Anbaugerät für Gabelstapler, das das Verladen langer Rohre oder Baumstämme in Container erheblich vereinfacht. Beschäftigte müssen sich dank der neuen Technologie nicht mehr im Gefahrenbereich aufhalten.

Preisträger in der Kategorie „Gesundheitsschutz“ wurde die Firma *Naturstein Strickmann GmbH & Co.* aus Ahlen. Das Unternehmen hat bei der Oberflächenversiegelung von Natursteinplatten die Belastung durch Lösungsmittel minimiert. Bisher wurden hierbei handelsübliche Mittel verwendet, die zumeist aromatische Kohlenwasserstoffe enthalten. Der Einsatz von Nanotechnologie macht diese gesundheitsgefährdenden Lösemittel bei dieser Tätigkeit überflüssig.

In der Kategorie „Ergonomie“ wurde *Guido Einemann* aus Hude-Lintel ausgezeichnet. *Einemann* hat einen flexibel einsetzbaren Montagetisch für Tischlereien entwickelt. Der Tisch verfügt über unterschiedlich große Arbeitsflächen, flexible Spannungsmöglichkeiten, integrierte Strom- und Druckluftanschlüsse und einen Anschluss für eine Absaugeinrichtung. Beschäftigte können an diesem Tisch Möbelteile und Innenausbauerelemente leichter montieren. Die Arbeit wird dadurch weniger belastend und erheblich sicherer.

Der Preis in der Kategorie „Organisation/Motivation“ wurde an die Firma *GKN Driveline Deutschland GmbH* verliehen. Beschäftigte des Unternehmens haben insgesamt zehn Schulungsexponate gebaut, an denen sich Gefahren plastisch darstellen und erklären lassen. Unfallrisiken lassen sich eigenverantwortlich oder mit Hilfe einer Moderation erarbeiten. Die Modelle sprechen alle Sinne an und stellen Gefahren und Unfallfolgen realistisch dar. Die Ausstellung spricht in erster Linie junge Menschen und Berufsneulinge an, die für solche Gefahren in der Regel wenig sensibilisiert sind.

Der nächste Deutsche Arbeitsschutzpreis wird voraussichtlich 2009 verliehen. Bund, Länder und Unfallversicherungsträger werden den Preis zukünftig gemeinsam verleihen und ihn in den Rahmen der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie stellen.

Quelle: Pressemitteilung der DGUV: 18.09.2007/GS

Literaturinfo

Brand- und Explosionsrisiken vorbeugen

Richtlinie VDI 2263 Blatt 6: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen; Brand-Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen (Düsseldorf, 27.08.2007) Beuth Verlag, Berlin. 97,90 €; Onlinebestellung sowie weitere Informationen unter www.vdi-richtlinien.de oder www.beuth.de

Die neue Richtlinie VDI 2263 Blatt 6 der VDI-Koordinierungsstelle Umweltechnik (VDI-KUT) behandelt Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen, die bei der Konstruktion und im Be-

trieb von Entstaubungsanlagen anwendbar sind. Diese Maßnahmen beziehen sich auf filternde Abscheider, Elektroabscheider, Massenkraftabscheider und Nassabscheider, bei denen brennbare Staub-Luft-, Dampf-Luft- oder hybride Gemische vorhanden sind oder entstehen können.

Die Richtlinie beschreibt Brand- und Explosionsrisiken. Sie gibt Hilfen, wie explosionsfähigen Atmosphären vorgebeugt und Zündquellen wirksam vermieden werden können. Bereits bei der Konstruktion solcher Anlagen kann man durch explosionsfeste Bauweise, Explosionsdruckentlastung und explosionstechnische Ent-

kopplung Vorkehrungen gegen Staubbrände und Staubexplosionen treffen. Die Richtlinie gibt ebenfalls praktische Hinweise, wie die Richtlinie 94/9/EG beim Betrieb von Entstaubungsanlagen anzuwenden ist. Ein Anhang liefert Informationen über hybride Gemische, Zoneneinteilung, Kategorien und Kennzeichnung sowie eine Vorlage zur Gefährdungsbeurteilung. Seit September 2007 ist die Richtlinie VDI 2263 Blatt 6, die den Entwurf von Juni 2006 ablöst, in deutsch/englischer Fassung erhältlich.

GS, Berlin

Buchbesprechung

Book reviews
Compte rendu

Kurt Landau (Hrsg.)

Lexikon Arbeitsgestaltung – Best Practice im Arbeitsprozess

Unternehmen, die die humanen und sozialen Belange ihrer Beschäftigten berücksichtigen, weisen im mittel- bis langfristigen Marktvergleich eine deutlich erhöhte Ertragslage auf. Diese durch empirische Untersuchungen vor allem im US-amerikanischen Wirtschaftsraum bestätigte Erkenntnis legt nahe, die ergonomische Arbeitsgestaltung verstärkt in die betrieblichen Prozesse einzubeziehen.

Wie jedoch kann der Transfer von wissenschaftlichen Erkenntnissen und anwendungsorientiertem Erfahrungswissen in die betriebliche Gestaltungspraxis wirksam unterstützt werden? Wie lässt sich das Spannungsfeld von Humanität und Wirtschaftlichkeit der Arbeit zum Nutzen aller Betroffenen ausgestalten? Welche praktischen Erkenntnisse einer präventiven und integrativen Arbeitsgestaltung liegen vor?

Hier leistet das »Lexikon Arbeitsgestaltung« einen wichtigen Transferbeitrag, indem es das heterogene Wissensgebiet der Arbeitsgestaltung in seiner fachlichen Breite anhand von über 300 Themenbeiträgen recherchefähig dokumentiert. 200 ausgewiesene Fachautoren, die der Herausgeber zur Mitarbeit am Lexikon gewinnen konnte, bürgen für eine hohe fachliche Qualität und Relevanz des Werkes.

Das »Lexikon Arbeitsgestaltung« ist jedoch kein Lehrbuch. Es wendet sich an fachlich vorgebildete Leser aus der betrieblichen Praxis, wie Führungskräfte und Berater, Arbeitsplaner und Konstrukteure, Sicherheitsfachkräfte und Betriebsärzte, die ihr Entscheidungs- und Handlungswissen anwendungsorientiert erweitern möchten.



Um den betrieblichen Praktikern einen größtmöglichen Nutzen zu bieten, fokussieren die lexikalischen Themenbeiträge auf wesentliche Tatbestände. Jeder Beitrag wird durch eine prägnante Definition sowie eine englische und französische Übersetzung des Fachbegriffs eingeleitet. Themenrelevante Anwendungsbereiche werden durch Gestaltungsprinzipien und praktische Gestaltungshinweise ergänzt. Die Fachbeiträge sind allgemeinverständlich abgefasst. Tabellen und Grafiken veranschaulichen die Ausführungen bei Bedarf. Quer- und Literaturverweise erleichtern die Orientierung im fachlichen Kontext.

Eine methodische Einführung des Herausgebers leitet die alphabetisch nach Fachbegriffen

gegliederten Themenbeiträge ein. Ein Stichwortverzeichnis sowie ein umfangreiches Sachregister erleichtern das rasche Auffinden von Informationen innerhalb des 1300-Seiten-Werks. Verwendete Abkürzungen werden in einem Verzeichnis erläutert. Allerdings erfordert die alphabetische Gliederung der Themenbeiträge den Verzicht auf eine inhaltliche Systematisierung der Einzeldarstellungen. Darunter leidet die Granularität des Gesamtwerks. Beispielsweise findet sich lediglich ein expliziter Themenbeitrag zur Ergonomie, während Aspekte der Zeitwirtschaft in gleich sieben, sich ergänzenden Beiträgen abgehandelt werden.

Der inhaltliche Schwerpunkt des Lexikons liegt auf den Arbeitsbedingungen in der industriellen Produktion. Verstärkte Berücksichtigung hätten bewährte Gestaltungsansätze für die geistige und soziale Dimension menschengerechter Arbeit finden können, die sich im Kontext der Wissensarbeit als erfolgsentscheidend erweisen, und hinsichtlich derer in der Arbeitswelt erheblicher Orientierungsbedarf besteht.

Das »Lexikon Arbeitsgestaltung« dokumentiert wohl einzigartig im deutschen Sprachraum den Wissensstand zur ergonomischen Arbeitsgestaltung. Als fachspezifisches Standardwerk sollte es in keiner betrieblichen und wissenschaftlichen Bibliothek fehlen.

Bibliographische Informationen:

Kurt Landau (Hrsg.) *Lexikon Arbeitsgestaltung – Best Practice im Arbeitsprozess* Stuttgart: Gentner / Ergonomia, 2007, 1386 Seiten, ISBN 978-3-87247-655-5, 128,- EUR

Rezensent: Dr. Martin Braum

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation

Tagungsankündigungen

Meeting announcements
Annonces des congrès

INTERNATIONAL CONGRESS ON OCCUPATIONAL HEALTH - 25TH ANNIVERSARY: 1982-2007 / 11TH CONFERENCE ON OCCUPATIONAL HEALTH - PROVINCE OF BUENOS AIRES

13.-16. November 2007 in Buenos Aires, Argentinien

Programm:

Current State of the Occupational Risk System in the Argentine Republic ■ Work Accidents in Argentina ■ In Itiner Accidents in Argentina ■ The Occupational Health in Latin America ■ Main Latin American Contributions to the Development of the Concept and Practice of Occupational Health in the World: An Inquiry to the Past and an Outlook on to the Future ■ Occupational Diseases in Latin America ■ Occupational Safety and Health in Italy ■ The Education of Occupational Health Physicians in the XXI Century ■ The Role of Occupational Health Physicians in the XXI Century ■ Psychosocial Risk Factors ■ Biological Risk Factors ■ Life-work Balance: a Key Issue for the Social

Determinants of Worker's Health ■ Trends, Gaps and Needs in Occupational Cancer Research ■ Risk Assessment ■ Physical Risk Factors ■ Drugs and Alcoholism: A Prevention Program at Work ■ Effectiveness of Participatory Action Oriented Training for Small Enterprises ■ The Future of Occupational Health Associations ■ Chemical Risk Factors ■ Ergonomic Risk Factors in Transportation

Weitere Informationen erteilt das Kongressbüro:

Organization Sociedad de Medicina del Trabajo de la Provincia de Buenos Aires

Av. Corrientes 3358 1 Piso N 9C1193AAS Buenos Aires, Argentina ■ Telefon/Facsimile: (54-11) 4867-3601 ■

E-Mail: info@smtba.com. ■ arsmtba@fibertel.com.ar ■ www.smtba.com.ar

Internationales Symposium

DIE RAHMENRICHTLINIE ÜBER SICHERHEIT UND GESUNDHEITSSCHUTZ AM ARBEITSPLATZ UND IHRE UMSETZUNG IN KMU

21.–23. November 2007 in Praha, Tschechische Republik

Programm

Die Rahmenrichtlinie 89/391/EWG: Inhalte, Ziele ■ Risikobeurteilung, Festlegung von Maßnahmen und Dokumentation ■ Unterstützung der Arbeitgeber bei der Umsetzung der Rahmenrichtlinie (zum Beispiel: Präventionsdienste, Präventionsprogramme) ■ Sensibilisierung der Arbeitgeber für Sicherheit und Gesundheitsschutz ■ Werkzeuge zur Umsetzung der Rahmenrichtlinie in KMU

Arbeits Sitzungen

Ausbildung von Präventionsfachleuten ■ Beispiele für erfolgreiche Präventionsmaßnahmen in KMU ■ Unterschiedliche Strategien der Umsetzung der Rahmenrichtlinie in Kleinbetrieben und in großen Unternehmen ■ Werkzeuge zur Umsetzung der Rahmenrichtlinie in KMU (Internet, Broschüren, Programme...) ■ Risikobeurteilung, Festlegung von Maßnahmen und Dokumentation in KMU ■ Motivation der Arbeitgeber in KMU (Zertifizierung, Qualitätsawards) ■ Unterstützung der Arbeitgeber bei der Umsetzung der Rahmenrichtlinie ■ Risiken und Maßnahmen bei der Zusammenarbeit von Unternehmen

Weitere Informationen erteilt das Kongressbüro:

Secretariat of the ISSA Metal Section, AUVVA
Office for International Relations
1200 Wien, Österreich

E-Mail: issa-metal@auva.at

■ Telefon: +43-1-33111-527/558 ■ Facsimile: +43-1-33111-469

■ Internet: <http://metal.prevention.issa.int>

23. MÜNCHNER GEFÄHRSTOFFTAGE FACHKONGRESS FÜR UMWELT-, GESUNDHEITSSCHUTZ UND ARBEITSSICHERHEIT

28.–30. November 2007 in München

Programm

Arbeitsstättenverordnung ■ Kennzeichnung durch GHS ■ Dialog zu REACH ■ Informationsbeschaffung im Betrieb ■ Gefährdungsbeurteilung ■ Fachkraft für Arbeitssicherheit ■ Toxikologie der Gefahrstoffe ■ Gefahrstoffe/Gefahrstoffmanagement in Kleinbetrieben ■ Zentrales Gefahrstoffmanagement in der Praxis ■ Ermittlung des EHS-Gefährdungspotentials

Fachsymposien

Beitrag der Arbeitsmedizin zum Arbeitsschutz ■ Beitrag der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA) zum Erhalt der Beschäftigungsfähigkeit ■ Gefahrstoffrecht: Probleme in und Lösungen für Kleinbetriebe ■ Aktuelles aus AGS und ABAS

Weitere Informationen erteilt der Veranstalter:

mic - management information center GmbH
Petra Baumeister

E-Mail: p.baumeister@m-i-c.de

■ Telefon: ++49-8191-125464 ■ Facsimile: ++49-8191-125600

14. ERFURTER TAGE SYMPOSIUM ZUR PRÄVENTION ARBEITSBEDINGTER GESUNDHEITSGEFÄHREN UND ERKRANKUNGEN

7.-8. Dezember 2007 in Erfurt

Programm:

Prävention und Gesundheitsförderung – Grundlage für ein gesundes Arbeitsleben ■ Stressbewältigung durch gesunde und aktive Lebensweise ■ Effekte einer ärztlichen Beratung auf Gesundheitsverhalten und -Einstellung der Teilnehmer ■ Sein und Schein des Gesundheitssports ■ Arbeitsunfähigkeitsanalyse am Helios Klinikum Erfurt unter besonderer Berücksichtigung psychischer Störungen und Rückenbeschwerden ■ Gefährdungen durch CO₂ in Gaststätten ■ Pilzinfektionen der Haut – ein arbeitsmedizinisches Problem? ■ Präventionsworkshop zu allergischen Haut- und Atemwegserkrankungen an gewerblichen Berufsschulen ■ Prävention kritischer Leuchtdichteverhältnisse mit dem System „Kalif“ ■ Gleitsichtgläser am Arbeitsplatz ■ Problematik der Augen- und Kopfbewegung bei Gleitsichtbrillenträgern ■ Prävention von Rückenschmerz ■ Multimodales Konzept zur Prävention und Therapie von Nackenschmerzen ■ Prävention von Rückenschmerzen im Betrieb: Das Projekt „Kraftwerk“ ■ Konditionierung der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur mit Hilfe von Biofeedback gestütztem Rückentraining an „virtuellen Trainingsgeräten“ ■ Gleichzeitige Messung von Ganzkörper-Schwingungen und Körperhaltungen ■ Bewertung körperlicher Belastungen des Rückens durch Lastenhandhabung und Zwangshaltungen – Leitlinie des Forum Arbeitsphysiologie der DGAUM ■ Untersuchungen zur Pathomorphologie und funktionellen Morphologie der kleinen Wirbelgelenke ■ Morphofunktionelle Eigenschaften der Rückenmuskulatur beim Menschen und anderen Säugetieren ■ Muskelkoordination im Rumpfbereich von Rückenschmerzpatienten während externer Provokation ■ Eine Analyse der metabolischen und myoelektrischen Veränderungen im Rückenmuskel bei isometrischer Belastung ■ IH-MR-spektroskopischer Nachweis von Änderungen der Neurotransmitterkonzentrationen im Gehirn nach Stimulation mit Schmerzreizen ■ Innervations- und Aktivierungsmuster der Rückenmuskulatur bei der Laborratte ■ Differenzierung räumlicher Aktivierungen (Endplattenzonen) und spektrale Eigenschaften von Oberflächen-EMG-Signalen ■ Aktivierung der Schultermuskulatur bei Patienten mit proximaler Humerusfraktur ■ Muskelaktivierung am Hals bei Folgebewegungen unter Berücksichtigung der Bewegungsanalyse ■ Die muskuläre Beanspruchung beim Bremsmanöver im PKW ■ Messung absoluter muskulärer Ermüdung mittels OEMG bei variierender Kraftanforderung – eine Weiterentwicklung des JASA-Verfahrens ■ Präventionskampagne Haut von gesetzlicher Kranken- und Unfallversicherung ■ Erste Erfahrungen mit der Hautkampagne aus Sicht der BGN ■ Berufsdermatosen – Erfolge und Probleme in der Prävention ■ Wirksamkeit von Hautschutz in der primären Prävention von beruflich bedingten Handekzemen – ein systematischer Review der Literatur ■ Modellentwicklung zur Wirksamkeitstestung von Hautschutzprodukten unter Verwendung lipophiler Standardirritantien ■ Häufige und seltene Differentialdiagnosen des beruflichen Handekzems ■ Optimierung der (Früh-) Prävention arbeitsbedingter Hauterkrankungen in der Branchenbetreuung der BGN mit Hilfe moderner Telekommunikation ■ Erfolgreiche Prävention von Berufserkrankungen am Beispiel der Naturlatexallergie ■ Prävention berufsbedingter Atemwegserkrankungen ■ Bedeutung chemisch irritativer Noxen und Feinstaub für Atemwegserkrankungen ■ Anwendung des tolerablen und akzeptablen Risikos im Gefahrstoffbereich ■ Aktuelle Biomarker bei Tabakrauchexposition und deren Bewertung ■ Messung von ETS-Inhaltsstoffen in gastronomischen Betrieben ■ Prüfung der Wirkung eines Luftreinigungs-Gerätes gegenüber Luftschadstoffen im Tabakrauch mittels Laborversuch und bei der Gaststättenanwendung ■ Rückhaltevermögen von Atemfiltermasken gegenüber biologischen Arbeitsstoffen ■ Die deutsche Porzellanstudie: Neue Ergebnisse zur Dosis-Wirkung-Beziehung zwischen Quarzfeinstaubexposition und Silikose ■ Prävention von Rückenschmerz ■ Chronisch-unspezifischer Rückenschmerz – von der Funktionsmorphologie zur Prävention – Grundlagen – Schlussfolgerungen für Diagnostik und Therapie – Anwendungen in der betrieblichen Gesundheitsförderung ■ Biomechanische Analyse von Belastungen bei Tätigkeiten mit komplexer Belastungsstruktur und Ableitung präventiver Ansätze durch Nutzung optimaler Belastungsverteilung (Beachtung trainingswissenschaftlicher Adaptationsprozesse) – Zwischenergebnisse ■ Betriebsärztliche Beratung bei der arbeitsmedizinischen Vorsorge – Erfordernisse und Wege am Beispiel des Muskel-Skelett-Systems ■ Gibt es Arthrosen durch Arbeit? ■ Motorische Stereotype der Koordination von Kopf- und Blickbewegung – Ursachen für Schmerzen im Nacken- und Schultergürtel

Weitere Informationen erteilt das Kongressbüro:

Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten
Abteilung Gesundheitsschutz ■ z. Hd. Frau Lorenz
Lucas-Cranach-Platz 2 ■ 99097 Erfurt
www.erfurter-tage.de

FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON WORK ENVIROMENT AND CARDIOVASCULAR DISEASES

29.–31. Mai 2008 Krakau, Polen

Weitere Informationen erteilt das Kongressbüro:

Nofer Institut für Arbeitsmedizin
Teresy Str. 8 ■ 91–348 Lodz, Polen
Telefon: +48–42–6314903 ■ Facsimile: +48–42–6568331
E-Mail: alab@sunlib.p.lodz.pl

XVIII WORLD CONGRESS ON SAFETY AND HEALTH AT WORK - SAFETY AND HEALTH AT WORK: A SOCIAL RESPONSIBILITY

29. Juni–2. Juli 2008 in Seoul, Korea

Weitere Informationen erteilt das Kongressbüro:

Korea Occupational Safety and Health Agency
34–4, Gusan-dong ■ Bupyeng-gu, Incheon, Republic of Korea
Telefon: +82–32–5100.740/748/749 ■ Facsimile: +82–32–512.8482
E-Mail: safety2008@ksha.net ■ http://www.safety2008korea.org

Fortbildungsveranstaltungen**Education and training
Perfectionnement****Akademie für Arbeitsmedizin und Gesundheitsschutz der Ärztekammer Berlin****Weiterbildungskurse Arbeitsmedizin und Betriebsmedizin**

Aufbaukurs B1: 05.11. – 14.11.2007
Aufbaukurs B2: 14.11. – 23.11.2007

Weitere Informationen erteilt der Veranstalter:

Akademie für Arbeitsmedizin und Gesundheitsschutz Ärztekammer
Berlin ■ Friedrichstraße 16 ■ 10969 Berlin ■ Tel.: (030) 40 80 6 –1301,
–1302, –1303 ■ Facsimile: (030) 40 80 6 13 99 ■ E-Mail: aag@aekb.de

Akademie für ärztliche Fortbildung und Weiterbildung der Landesärztekammer Hessen**Weiterbildungskurse Arbeitsmedizin und Betriebsmedizin**

Aufbaukurs B2: 09.11. – 16.11.2007
Aufbaukurs C2: 30.11. – 07.12.2007

Das Kursprogramm orientiert sich am Kursbuch Arbeitsmedizin der Bundesärztekammer, das für die Kursblöcke folgende inhaltliche Schwerpunkte setzt:

- A2: Grundlagen der menschengerechten Gestaltung der Arbeit: Gesundheitsschutz und Sicherheit
- B1: Arbeitshygiene und Arbeitstoxikologie – Gefährdungen und ihre Beurteilung
- B2: Arbeitsbedingte Erkrankungen einschließlich der Berufskrankheiten
- C1: Ärztliche Profession und arbeitsmedizinische Professionalität
- C2: Arbeitsmedizin im System der sozialen Sicherung Weiterbildung Sozialmedizin: Aufbaukurs AKII: 17.10. – 26.10.2007

Weitere Informationen erteilt der Veranstalter:

Akademie für ärztliche Fortbildung und Weiterbildung der Landesärztekammer Hessen
Carl-Oelemann-Weg 7 ■ 61231 Bad Nauheim
Telefon +49+6032–782.0 ■ Facsimile +49+6032–782.229
■ E-Mail: akademie@laekh.de ■ www.laekh.de

Sozial- und Arbeitsmedizinische Akademie Baden-Württemberg e.V. in Verbindung mit der Universität Ulm**Weiterbildungskurse Arbeitsmedizin/Betriebsmedizin**

Kurs A, Teil 1 in Stuttgart 08.11.2007 – 16.11.2007 (incl. Samstag)
Kurs A, Teil 2 in Stuttgart 20.11.2007 – 29.11.2007

Kurs B, Teil 1 in Ulm 21.02.2008 – 29.02.2008 (incl. Samstag)
Kurs B, Teil 2 in Ulm 04.03.2008 – 12.03.2008 (incl. Samstag)

Weitere Informationen und Anmeldungen an:

Sozial- und Arbeitsmedizinische Akademie Baden-Württemberg e.V.
Geschäftsstelle Ulm ■ Oberer Eselsberg 45 ■ 89081 Ulm,
Tel. 07 31 / 5 40 44 ■ Fax 07 31 / 55 26 43 ■ E-Mail: ulm@samanet.de

Akademie für ärztliche Fortbildung der Ärztekammer Westfalen-Lippe und der kassenärztlichen Vereinigung Westfalen-Lippe

Kurse (A/B/C) als Bestandteil zur Erlangung der Gebietsbezeichnung-Arbeitsmedizin und der Zusatz-Weiterbildung Betriebsmedizin.
Abschnitt C2: 05.11. – 09.11.2007 und 12.11. – 14.11.2007

Ort: Bochum, Berufsgenossenschaftliche Kliniken Bergmannsheil, Bürkle-de-la-Camp-Platz 1

Weitere Informationen erteilt der Veranstalter:

Akademie für ärztliche Fortbildung der Ärztekammer Westfalen-Lippe und der Kassenärztlichen Vereinigung Westfalen-Lippe
Postfach 4067 ■ 48022 Münster ■ Telefon: +49+251–929.2202
■ Facsimile: +49+251–929.2249 ■ Termine: 16.04.2007 – 20.04.2007
■ 12.09.2007 – 15.09.2007 ■ Ort: BGAG, Dresden
■ E-Mail: akademie@aekwl.de ■ Internet: http://www.aekwl.de

20. Interdisziplinäre Fortbildungsveranstaltung für Arbeitsmediziner, Pneumologen und Radiologen**Pulmonale Berufskrankheiten:
Grundlagen und interaktive Workshops**

26.–27. Oktober 2007

Veranstaltungsort: Aachen, Universitätsklinikum

Weitere Informationen:

Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin, Universitätsklinikum
Aachen ■ Pauwelstraße 30 ■ 52074 Aachen
Telefon: +49(0)241 – 8088881 ■ Facsimile: +49(0)241 – 8082587
E-Mail: arbeitsmedizin@ukaachen.de

IMPRESSUM

Verlag: Dr. Curt Haefner-Verlag GmbH,
Dischingerstraße 8, D-69123 Heidelberg,
Telefon: +49+6221-6446-0, Telefax: +49+6221-6446-40.
E-Mail: zentralblatt@haefner-verlag.de
Internet: www.zentralblatt-online.de
Registriert in: EMBASE/Excerpta medica, SOMED

Herausgeberin: Katja Kohlhammer

Geschäftsführung: Katja Kohlhammer, Peter Dilger

Redaktionelle Leitung: David Wiechmann

Ressortleitung: Michael Wochner

Layout: Bernd Wilfing

Schriftleitung:

Schriftleiter für den medizinischen Teil:
Prof. Dr. med. GUSTAV SCHÄCKE, Institut für Arbeitsmedizin der Freien Universität Berlin/Humboldt-Universität zu Berlin, Ostpreußendamm 111, D-12207 Berlin,
Telefon: +49+30-817.55.48; Facsimile: +49+30-847.094.06
E-Mail: gustav.schaecke.berlin.arbmed@t-online.de

Schriftleiter für den technischen Teil:

Prof. Dr. rer. nat. ALWIN LUTTMANN, Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund, Telefon: +49+231/1084376;
Facsimile: +49+231/1084308
E-Mail: luttmann@ifado.de

Originalia: Peer reviewed

Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats:

Prof. Dr. med. Xaver Baur, Ordinariat für Arbeitsmedizin, Zentralinstitut für Arbeitsmedizin der Freien und Hansestadt Hamburg, Seewartenstraße 10, D-20459 Hamburg;

Dr. med. Elke Brinkmann, Norddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft, Seligmannallee 4, 30173 Hannover, elke.brinkmann1@gmx.de;

Ministerialrat Dr. med. Thomas Giesen, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Villemomblerstraße 76, D-53123 Bonn;

Prof. Dr. med. David Groneberg, Institut für Arbeitsmedizin der Charité-Universitätsmedizin Berlin, Freie Universität Berlin & Humboldt-Universität zu Berlin, Ostpreußendamm 111, 12207 Berlin, david.groneberg@charite.de;

Dr. rer. nat. Karlheinz Guldner, Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie, Riemenschneiderstraße 2, D-97072 Würzburg, E-Mail: Guldner@bgbglas-keramik.de, Tel.: +49+931-7943-318;

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Matthias Jäger, Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund;

Prof. Dr. med. dent. Richard Kessel, Institut für Arbeitsmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, Ratzeburger Allee 160, D-23538 Lübeck;

Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Dr. biol. hom. Udo Knecht, Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin der Justus-Liebig-Universität, Aulweg 129/III, 35385 Gießen;

Dr. med. Dr. rer. nat. H. Krueger, Büchnerstr. 28, CH-8044 Zürich, Schweiz, Telefon +41+44-363.87.11, hkrueger@ethz.ch;

Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. Stephan Letzel, Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Obere Zahlbacher Straße 67, D-55131 Mainz;

Prof. Dr. med. Claus Piekarski, Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin der Universität Köln, Josef-Stelzmann-Straße 9, D-50931 Köln;

Prof. Dr. med. Klaus Scheuch, Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin der Technischen Universität Dresden, Fetscherstraße 74, D-01307 Dresden

Dr.-Ing. Klaus Scheuermann, Occupational Health and Safety Research and Service Centre, Wolframstr. 23, D-68199 Mannheim

Prof. Dr. med. Gert Schreinicke, Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin der Universität Leipzig, Riemannstraße 32, D-04107 Leipzig

Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut Strasser, Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Institut für Fertigungstechnik, Universität-GH-Siegen, Paul-Bonatz-Straße 9-11, D-57076 Siegen.

Anzeigenverkauf: Sandra Rink, Tel.: +49 6221 6446-11, Fax: -40
E-Mail: sandra.rink@haefner-verlag.de

Anzeigenpreisliste Nr. 24 ab 15.10.2006

Leserservice: Franzisca Trnka, Tel. +49 6221 6446-31, Fax: -40

E-Mail: franzisca.trnka@haefner-verlag.de

Erscheint monatlich, Abonnementpreis € 149,06 jährlich, Einzelheft € 12,90 zzgl. Versandspesen. Abonnementkündigungen können jeweils nur zum Jahresende berücksichtigt werden, unter Einhaltung einer Kündigungsfrist von 3 Monaten
Nachdruck nur mit Erlaubnis des Verlages. Alle Rechte vorbehalten.

Bei Nichtbelieferung ohne Verschulden des Verlages oder im Falle höherer Gewalt besteht kein Entschädigungsanspruch.

Die Veröffentlichung von Leserzuschriften, ggf. in gekürzter Form, behält sich der Herausgeber vor.

Druck: abdruck GmbH, Heidelberg

Mitarbeiterbedingungen

Aufgenommen werden Originalarbeiten im Höchstumfang von ca. 25 Seiten, 1 1/2-zeilig, pro Seite 30 Zeilen.

Manuskripte von Originalarbeiten sind der Schriftleitung einzureichen. Für die Manuskripte gelten die Hinweise für Autoren.

Tagungsberichte, Mitteilungen von Organisationen und Körperschaften, Personelles sowie Referate, Buchbesprechungen und weitere Beiträge sind an den jeweiligen Schriftleiter (s. o.) zu senden.

Tagungsberichte sollen nicht mehr als ca. 6 Seiten, 1 1/2-zeilig, 30 Zeilen pro Seite umfassen.

Der Verlag erwirbt mit der Annahme des Manuskriptes durch die Schriftleitung das ausschließliche Recht der Vervielfältigung, Verbreitung, Übersetzung und Verwendung für fremdsprachige Ausgaben.

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck — auch von Abbildungen —, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege oder im Magnettonverfahren, Vortrag, Funk- und Fernsehsendung sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen — auch auszugsweise — sind nur mit Genehmigung des Verlages möglich.

Die in den Heften mit Namen bezeichneten Artikel stellen stets die Ansichten der Verfasser dar und müssen nicht mit denen der Schriftleitung identisch sein.

Hinweise für Autoren

Zielgruppen dieser Zeitschrift sind Arbeitsmediziner, Sicherheitsingenieure, Arbeitswissenschaftler und andere der Arbeitsmedizin und Arbeitssicherheit sowie der Umweltmedizin nahe stehenden Personenkreise und Institutionen.

- 1.0 Der Text der Arbeiten muss verständlich, 1 1/2-zeilig geschrieben sein.
- 2.0 Die Titelseite (Seite 1 des Manuskriptes) muss umfassen
 - 2.1 Titel der Arbeit in deutscher und englischer Sprache
 - 2.2 Namen, Vornamen mit Titel(n) des Autors (der Autoren) und Anschrift.
 - 2.3 Name(n) der Institution(en), aus der (denen) die Arbeit stammt
- 3.0 Eine Zusammenfassung in deutscher und englischer Sprache muss dem Manuskript beigefügt sein. Die Zusammenfassung soll die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen enthalten und maximal 300 Worte umfassen.
- 4.0 Maximal 5 Schlüsselwörter sind in deutscher und englischer Sprache anzugeben. Sie sollen repräsentativ für den Inhalt der Arbeit sein. Außerdem ist eine Kurzüberschrift in deutscher und englischer Sprache zu formulieren.

- 5.0 **Literaturverzeichnis:** Alle Autoren und Quellen — und nur diese — müssen in alphabetischer Reihenfolge nach dem erstgenannten Autor im Literaturverzeichnis aufgeführt sein. Sämtliche Autoren / Herausgeber sind zu nennen. Bei mehrfachen Nennungen von Autoren oder Autorengruppen ist die chronologische Reihenfolge einzuhalten. Werden mehrere Arbeiten eines Autors oder einer Autorengruppe aus dem gleichen Jahr zitiert, werden der Jahreszahl die Buchstaben a, b, c ... hinzugefügt.

Beispiele:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg. 1985). Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte 1985. Verlag Chemie, Weinheim

Lüdersdorf R, Schäcke G, Fuchs A (1984) Leitkomponenten in organischen Lösemittelgemischen in Lacken der Holzverarbeitenden Industrie. In: Konietzko H, Schuckmann F (Hrsg.) Verh Dtsch Ges Arbeitsmed 271-274. Gentner Verlag, Stuttgart

Schilling RSF (1973) Occupational Health Practice. 1st edn Butterworths, London

Trenkwalder P, Bencze K, Lydtin H (1984) Chronische Thalliumintoxikation. Beobachtung einer kriminellen Vergiftung. Dtsch med Wschr 109: 1561-1566

5.1 **Zitierweise** im Text:

- Bei einem Autor: (Wenzel 1978) oder (Wenzel 1978; Zeller 1979)
- Bei zwei Autoren: (Graf & Bornemann 1940)
- Bei drei oder mehr Autoren: (Otto et al. 1983).

6.0 **Illustrationen** sollen sich auf das notwendigste Maß beschränken.

Jede Abbildung muss im Text erwähnt sein. Bildschriften müssen gut lesbar sein. Identische Daten sollen nicht gleichzeitig in Abbildungen und Tabellen erscheinen. Die Abbildungen sind der Arbeit gesondert beizufügen.

6.1 **Legenden** zu den Illustrationen und Tabellen sollen kurz sein und sich auf deren Inhalt beschränken (in deutscher und englischer Sprache).

7.0 Das **Original des Manuskriptes** ist an den Schriftleiter des jeweiligen Sachgebietes zu senden.

8.0 Mit der Einsendung des Manuskriptes hat/haben der/die Autoren sicher gestellt, dass bei positiver Entscheidung über die Annahme einem Druck keinerlei Gründe entgegenstehen.

9.0 Alle eingereichten Originalarbeiten unterliegen einem Beurteilungsverfahren.

Die Autoren sind gebeten, zur dv-technischen Bearbeitung ihrer Beiträge, folgende Hinweise zu beachten. Texte als Word Dokument. Bilder als Tiff (Auflösung 300 dpi), Dia oder Foto. Grafiken abgespeichert einzeln als eps oder JPEG-Format oder als Ausdruck (Breite 17 cm oder 11,4 cm), je nach Größe.

Ihr Partner für qualifizierte Informationen

Zentralblatt

für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie

Sie sorgen für sichere und gesunde Arbeitswelten?

Wir unterstützen Sie mit Publikationen zu:

▶ **Arbeitsmedizin**

▶ **Arbeitsschutz**

▶ **Ergonomie**

Profitieren auch Sie von Praxisnähe und Nutzwert, die Ihnen diese Zeitschrift bietet! Mit 12 Ausgaben pro Jahr sowie einer Fülle von wichtigen Informationen und Beiträgen, die Sie für Ihre tägliche Arbeit brauchen. Von angesehenen Arbeitsmedizinern überprüft und selbstverständlich peer reviewed. Darüber hinaus, exklusiv für Abonnenten, mit einer umfangreichen Vertiefungsebene im Internet unter www.zentralblatt-online.de – inklusive Heftarchiv, systematischer Stichwortsuche und modernem E-Paper.

Jetzt bestellen!
Fax: 06221/6446-40



Ja,

ich möchte ein Jahresabo der Zeitschrift Zentralblatt für Arbeitsmedizin zu den unten genannten Konditionen

Sie erhalten ein Jahresabo einschließlich des Zugangs zum Onlinearchiv der Fachzeitschrift **Zentralblatt für Arbeitsmedizin** (12 Ausgaben) ab der nächsten Ausgabe zu einem Preis von € 149,00 zzgl. Versandkosten.

Vor- und Zuname

Firma

Straße, Nr.

PLZ, Ort

Telefon, Fax

E-Mail

Datum/Unterschrift

ZB102007

Antwort

Zentralblatt

für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie

Leserservice
Dischingerstraße 8

69123 Heidelberg

Vertrauensgarantie: Mir ist bekannt, dass ich die Vereinbarung innerhalb von 10 Tagen in Textform (Brief, Fax oder E-Mail) beim Verlag kündigen kann. Die Frist beginnt mit Absendung der Bestellung.

Fax-Antwort: 06221/6446-40



Dr. Curt Haefner-Verlag GmbH

Dischingerstr. 8, 69123 Heidelberg; Fax: 06221/6446-40, leserservice@haefner-verlag.de

Geschäftsführer: Katja Kohlhammer, Peter Dilger; Amtsgericht Mannheim HRB 330 630