



Dokumentation – Fachgespräch „Deutsche Wirbelsäulen-Studie (DWS) II“

Dokumentation – Fachgespräch „Deutsche Wirbelsäulen- Studie (DWS) II“

4. Dezember 2012

Dietrich Bonhoeffer-Haus, 10117 Berlin

Redaktion: Dr. Ulrike Wolf
Melanie Wittke

Publikationsdatenbank: www.dguv.de/publikationen

Umschlagfoto: Sebastian Kaulitzki

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)
Mittelstraße 51, D – 10117 Berlin
Telefon: 030 288763800
Telefax: 030 288763808
Internet: www.dguv.de

– Juli 2013 –

ISBN (online): 978-3-86423-090-5

Kurzfassung

Fachgespräch „Deutsche Wirbelsäulenstudie (DWS) II“ am 04. Dezember 2012 in Berlin

Die vor 20 Jahren eingeführte BK-Nr. 2108¹ birgt in der praktischen Umsetzung eine Reihe von Problemen. Um weiterführende Erkenntnisse insbesondere zur Krankheitsentstehung, zu den belastenden Tätigkeiten und zum damit verbundenen medizinischen Bild zu gewinnen, hat die DGUV umfassende Forschung sowie wissenschaftliche Konsensfindung initiiert. Auf Basis der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS) wurden zuletzt zwei Folgestudien gefördert:

- das Forschungsprojekt „DWS-Machbarkeitsstudie“ und
- das Forschungsprojekt „DWS-Richtwerteableitung“.

Die gesetzliche Unfallversicherung ist damit auch ihrem gesetzlichen Auftrag nachgekommen, bei der Gewinnung neuer medizinisch-wissenschaftlicher Erkenntnisse insbesondere zur Fortentwicklung des Berufskrankheitenrechts mitzuwirken (§ 9 Abs. 8 SGB VII), in der Hoffnung, mit den beiden Forschungsprojekten „mehr Licht in das Dunkel“ zu bringen.

In einem von der DGUV veranstalteten Kolloquium am 4. Dezember 2012 haben die Forschungsnehmer die Ergebnisse der beiden Projekte einer größeren Fachöffentlichkeit aus Wissenschaft, Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) sowie UV-Trägern vorgestellt, um gemeinsam erste Überlegungen zu den Konsequenzen und weiteren Schritten anzustoßen.

Der Berichtsband bietet allen mit der Materie befassten Personen und Institutionen einen umfassenden Einblick in die Vorträge und die Diskussionen der Veranstaltung. Der abschließende Beitrag liefert zudem einen Ausblick über mögliche weitere Schritte.

Für eine fundierte Auseinandersetzung mit den beiden Forschungsvorhaben und ihren Ergebnissen wird an dieser Stelle auf die Abschlussberichte verwiesen, die in der Forschungsdatenbank unter www.dguv.de veröffentlicht werden.

¹ Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjähriges Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch langjährige Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können

Abstract

Specialist Talks "German Spine Study (DWS) II" in Berlin on 4 December 2012

Practical implementation of BK No. 2108², introduced more than 20 years ago, entails a number of problems. To gain further reaching knowledge, in particular about the pathogenesis, the activities that cause harm and the associated medical picture, the DGUV initiated comprehensive research to reach a scientific consensus. On the basis of the German Spine Study (DWS), two follow-up studies were funded:

- the research project "DWS Feasibility Study" („DWS-Machbarkeitsstudie“) and
- the research project "DWS - Deriving Guide Values" („DWS-Richtwerteableitung“).

Statutory accident insurers have thus met their statutory requirement to take part in gaining new medical and scientific knowledge, especially for the further development of industrial illness legislation (Article 9 para. 8 German Social Code Book VII) in the hope of "shedding more light" with the two research projects.

In a colloquium organised by the DGUV on 4 December 2012, the researchers presented the results of the two projects to a large audience of specialists from the worlds of science, the Federal Ministry for Labour and Social Affairs (BMAS) and the providers of accident insurance in order to prompt joint initial thoughts on the consequences and what to do next.

The published report offers all people and institutions concerned with the material a comprehensive insight into the presentations and discussions of the event. The final contribution also looks ahead to possible next steps.

For those who require a thorough analysis of the two research projects and their results, at this point we refer to the final reports which will be published in the research database at www.dguv.de.

² Spinal disc-related illnesses of the lumbar spine as a result of many years of lifting or carrying heavy loads or as a result of many years of activity in an extreme bent position, which have forced the patient to refrain from all activities that were or could be responsible for the origin, deterioration or recurrence of the illness

Résumé

Discussion d'experts « Deutsche Wirbelsäulenstudie (étude allemande sur la colonne vertébrale - DWS) II » le 04 décembre 2012 à Berlin

Introduit il y a 20 ans, le numéro de maladie professionnelle 2108³ s'accompagne d'un faisceau de problèmes dans sa mise en œuvre pratique. Pour obtenir davantage d'informations, notamment en ce qui concerne les causes de la maladie, les activités physiquement contraignantes et le tableau clinique associé, la DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung - Assurance sociale allemande des accidents du travail et maladies professionnelles) a initié une vaste étude ainsi que la recherche d'un consensus scientifique. En s'appuyant sur l'étude allemande consacrée à la colonne vertébrale (Deutsche Wirbelsäulenstudie - DWS), deux études complémentaires ont été lancées :

- Le projet de recherche « DWS-Machbarkeitsstudie » (« Étude de faisabilité de la DWS ») et
- Le projet de recherche « DWS-Richtwerteableitung » (« Dérivation de données de référence de la DWS »)

De cette façon, avec ces deux projets de recherche et dans l'espoir d'apporter des éclaircissements dans un domaine encore nébuleux, l'assurance sociale allemande des accidents du travail et maladies professionnelles a su répondre à sa mission légale, à savoir contribuer à l'acquisition de nouvelles connaissances médico-scientifiques en vue de favoriser l'évolution du droit lié aux maladies professionnelles (§ 9 al. 8 SGB (Sozialgesetzbuch) VII – Code de la Sécurité Sociale).

Dans le cadre d'un colloque organisé le 4 décembre 2012 par la DGUV, les parties prenantes aux projets de recherche ont présenté les résultats des deux projets à un public élargi de spécialistes issus des milieux scientifiques, du ministère fédéral du travail et des affaires sociales (Bundesministerium für Arbeit und Soziales – BMAS) ainsi que des organismes d'assurance contre les accidents, de façon à réfléchir en commun aux premières conclusions sur les conséquences et aux prochaines étapes à mettre en place.

À toutes les personnes et institutions concernées par cette thématique, le rapport offre un aperçu complet des exposés présentés et des discussions menées lors de cette manifestation. En outre, la contribution apportée en conclusion permet de découvrir les perspectives pour les éventuelles étapes à venir.

Afin de pouvoir aborder les deux projets et leurs résultats de façon fondée et informée, nous vous renvoyons aux rapports finaux des études, publiés dans la base de données de recherches sur le site www.dguv.de.

³ Pathologies associées aux disques intervertébraux de la portion abdominale de la colonne vertébrale liées au levage ou au transport de charges lourdes sur plusieurs années ou à des activités professionnelles pratiquées pendant plusieurs années dans une position courbée extrême, ces pathologies ayant nécessité l'arrêt de toutes les activités responsables ou susceptibles d'être responsables de l'apparition, de l'aggravation ou de la réapparition de la maladie.

Resumen

Coloquio técnico «Segundo estudio alemán sobre la Columna Vertebral» (*Deutsche Wirbelsäulenstudie (DWS) II*), celebrado el 4 de diciembre de 2012 en Berlín

El código de enfermedad profesional BK 2108⁴, implementado hace 20 años, encierra una serie de problemas a la hora de su aplicación práctica. Con objeto de adquirir conocimientos más amplios, sobre todo, acerca del origen y desarrollo de la enfermedad, las actividades físicas perjudiciales y la patología médica, la DGUV —asociación alemana de seguros de accidentes— ha iniciado un trabajo muy completo de investigación y creación de consenso científico. En base al estudio DWS, se han fomentado últimamente dos estudios de seguimiento:

- El proyecto de investigación «Estudio de viabilidad DWS» («DWS-Machbarkeitsstudie»).
- El proyecto de investigación «Fijación de valores orientativos DWS» («DWS-Richtwerteableitung»).

Con ello, el seguro obligatorio de accidentes también ha cumplido con su misión legal de contribuir a la obtención de nuevas conclusiones médico-científicas, especialmente para el desarrollo continuado de la legislación en materia de enfermedades profesionales (artículo 9, apartado 8, del Libro Séptimo del Código alemán de la Seguridad Social), esperando que con estos dos proyectos de investigación pueda aportarse un poco más de claridad a este tema tan complejo.

En el marco de un coloquio celebrado el pasado 4 de diciembre de 2012 por la DGUV, los investigadores presentaron los resultados de ambos proyectos ante un gran público especializado procedente del mundo científico, del Ministerio Federal de Trabajo y Seguridad Social (BMAS, por sus siglas en alemán) y de las aseguradoras de accidentes, para iniciar conjuntamente las primeras reflexiones acerca de las consecuencias y de las medidas a adoptar.

El tomo de informes ofrece a todas las personas e instituciones ocupadas en este tema una idea muy amplia de las ponencias y discusiones mantenidas durante el evento. Además, la aportación final proporciona una perspectiva de los posibles pasos a seguir de ahora en adelante.

A todos los que deseen profundizar más en los dos proyectos de investigación y sus correspondientes resultados, les remitimos a los informes finales publicados en nuestra base de datos de investigación bajo www.dguv.de.

⁴ Enfermedades relacionadas con los discos intervertebrales de la columna lumbar y generadas por la manipulación de cargas pesadas durante muchos años, o bien, por el ejercicio prolongado de actividades que requieren una flexión extrema del tronco; y que han obligado a abandonar toda actividad causante o posiblemente causante del desarrollo, empeoramiento o resurgimiento de la enfermedad en cuestión.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Begrüßung: Ziele und Fragestellungen, die die Unfallversicherung in dem Feld bewegen Dr. Andreas Kranig	9
Grundlagen aus der Deutschen Wirbelsäulenstudie Prof. Dr. Ulrich Bolm-Audorff	21
Forschungsprojekt „Machbarkeitsstudie für die Untersuchung Begutachtungsrelevanter Fragen zur Beurteilung der Berufskrankheit 2108 mit Hilfe der Daten der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS-Machbarkeitsstudie)“	
Ziele und Ergebnisse der DWS-Machbarkeitsstudie Prof. Dr. Ulrich Bolm-Audorff	38
Forschungsprojekt „Erweitere Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie mit dem Ziel der Ableitung geeigneter Richtwerte (DWS-Richtwerteableitung)“	
Überblick über die Studie: Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf PD Dr. Matthias Jäger	64
Angewandte Methoden in der DWS II PD Dr. Peter Morfeld	97
Ergebnisse der Studie und deren Bewertung: Teil 1 – Separate Variation einzelner Schwellenwerte Prof. Dr. Andreas Seidler	123
Ergebnisse der Studie und deren Bewertung: Teil 2 – Entwicklung eines praxistauglichen Instruments zur Druckkraftabschätzung unter Einsatz von Bestimmungsgleichungen Dr. Rolf Ellegast	133
Statements der beteiligten Studienzentren und Kooperationspartner	141
Zusammenfassung/Ausblick Dr. Wolfgang Römer	149
Anhang	
Anhang 1: Programm	156
Anhang 2: Referenten und Moderatoren	157
Anhang 3: Liste der Teilnehmerinnen und Teilnehmer	158

Ziele und Fragestellungen, die die Unfallversicherung in dem Feld bewegen

Dr. Andreas Kranig

Ich begrüße Sie für die DGUV zum Fachgespräch über die beiden Folgestudien der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS):

- Die Machbarkeitsstudie zur Begutachtung wird uns Herr Prof. Bolm-Audorff vorstellen. Mit dieser Studie sollen die Daten der DWS nutzbar gemacht werden, um einigen der Fragen zur Begutachtung der BK-Nr. 2108 nachzugehen, die vor 7 Jahren in den Konsensempfehlungen offen bleiben mussten.
- Die Richtwertestudie soll die Dosisbeurteilung bei der BK-Nr. 2108 auf bessere Grundlagen stellen, als es das Mainz-Dortmunder-Dosismodell (MDD) und seine Vorläufer vermochten. Sie wird uns von Herrn Prof. Seidler als Leiter der Forschungsgruppe und 3 Mitgliedern der Forschungsgruppe, den Herren PD Dr. Jäger, PD Dr. Morfeld und Dr. Ellegast vorgestellt.

Anschließend werden sie und die weiteren Kooperationspartner der Richtwertestudie mit ihren Stellungnahmen überleiten zur Diskussion, die unser Fachgespräch abschließen wird.

Dabei steht heute die Richtwertestudie ganz im Vordergrund – kein Wunder, da sie vor kurzem mit abschließenden Ergebnissen aufwartet. Hingegen bereitet die Machbarkeitsstudie zunächst nur die Grundlagen für die Entscheidung auf, ob die DGUV eine Hauptstudie in Auftrag geben soll.

Als wir vor einigen Monaten das heutige Fachgespräch planten und ankündigten, konnten wir davon ausgehen, dass uns der Abschlussbericht der Richtwertestudie spätestens im September 2012 vorliegen würde. Dies sollte Ihnen allen eigentlich eine intensive Auseinandersetzung mit der Studie bereits im Vorfeld unserer Tagung ermöglichen. Den Zeitplan konnte die Forschungsgruppe wegen der erforderlichen intensiven Abstimmungen leider nicht einhalten. Der Abschlussbericht liegt der DGUV erst seit der vergangenen Woche vor. Er konnte noch nicht im Einzelnen gesichtet und abgenommen werden. Wir haben Ihnen daher zur Vorbereitung nur kurz gefasste Abstracts zur Richtwertestudie übermittelt.

Dementsprechend sollten wir das heutige Fachgespräch vor allem dazu nutzen, das komplexe Vorgehen in der Richtwertestudie, die besonderen methodischen Implikationen und die Ergebnisse kennenzulernen und in ihrer Bedeutung und Tragweite zu erfassen. Natürlich werden wir in der Diskussion auch über mögliche Konsequenzen – für den Verordnungsggeber, für die UV-Träger, für mögliche neue Forschungsüberlegungen – debattieren. Aber für Festlegungen irgendwelcher Art im jetzigen Zeitpunkt ist es definitiv zu früh.

Berufskrankheit BK-Nr. 2108

1992: Einführung der BK-Nr. 2108

„Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjähriges Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch langjährige Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung ...“

Was bewegt uns in diesem Feld? Seit nunmehr 20 Jahren gibt es die drei Wirbelsäulen-Berufskrankheiten, unter ihnen die wichtigste die BK-Nr. 2108. Und seitdem bewegt sie uns, um nicht zu sagen: Sie hält uns auf Trab! Auf die Probleme und Lösungsansätze der letzten 20 Jahre komme ich gleich zu sprechen.

Erlauben Sie mir kurz einen Blick auf unsere Nachbarländer: Nur wenige europäische Staaten haben das deutsche Beispiel überzeugend gefunden und sind ihm gefolgt. Insbesondere Frankreich hat mittlerweile mit der entsprechenden Berufskrankheit ein Problem, weil hier zusätzlich Vermutungsregeln den Beweis der Kausalität erheblich vereinfachen. Die meisten anderen europäischen Länder haben keine Wirbelsäulen-Berufskrankheiten eingeführt – sei es wegen der Abgrenzungsprobleme zwischen arbeitsbedingter und nicht arbeitsbedingter Verursachung, wegen anderer wissenschaftlicher Zweifel oder wegen sozialpolitischer Bedenken gegen eine Grenzverwischung zwischen dem Sondersystem Unfallversicherung und den allgemeinen Systemen der sozialen Sicherung.

Auch die europäische BK-Liste von 2003 – also mehr als zehn Jahre nach der Einführung der deutschen Wirbelsäulen-Berufskrankheiten – empfiehlt lediglich in Anhang 2, die LWS-Erkrankungen durch Ganzkörperschwingungen zu beobachten und ggf. später in die eigentliche BK-Liste des Anhangs 1 aufzunehmen. Von den der BK-Nr. 2108 entsprechenden Erkrankungen ist dort gar nicht die Rede.

Berufskrankheit-Nr. 2108: Probleme

- fehlende wissenschaftliche Begründung als Basis für die Aufnahme in die BK-Liste
- amtliches Merkblatt nur teilweise Ersatz
- medizinische Beschreibung des Krankheitsbildes allgemein gehalten
- Expositionsbeschreibung ungenau und damit auslegungsbedürftig
- Abgrenzungsschwierigkeiten bei der Kausalbeurteilung

Wie Sie alle wissen, stellt uns die BK-Nr. 2108 seit 20 Jahren vor immense Probleme:

- Eine wissenschaftliche Begründung zur BK-Nr. 2108 hat der Ärztliche Sachverständigenbeirat Berufskrankheiten seinerzeit nicht publiziert.
- Das amtliche Merkblatt kann dies nicht vollständig ausgleichen. Gerade wenn Volkskrankheiten zu Berufskrankheiten gemacht werden, müssen die Grenzen klar definiert werden.
- Die von der BK-Nr. 2108 umfassten Krankheitsbilder sind allgemein gehalten und erfordern interpretatorischen Aufwand.
- Vor allem aber blieb die Expositionsbeschreibung mit mehreren unbestimmten Rechtsbegriffen ungenau und auslegungsbedürftig.

Daraus folgten große Erwartungen bei einer Vielzahl Betroffener und eine Anzeigenwelle in den 90er Jahren, hoher Ermittlungsaufwand und Unsicherheit in der Beurteilung bei den UV-Trägern, eine geringe Anerkennungs- und Entschädigungsquote und eine Welle an Rechtsstreitigkeiten. Erstmals in der Historie des BK-Rechts stellte ein Landessozialgericht in Zweifel, ob der Ordnungsgeber hier seine gesetzlichen Grenzen eingehalten habe; das Bundessozialgericht hat sich dem nicht angeschlossen, aber eine Präzisierung durch den Ordnungsgeber angemahnt.

Berufskrankheit-Nr. 2108: Lösungsansätze

- MDD zur einheitlichen Expositionsbeurteilung
- Konsensempfehlungen zur Begutachtung der BK 2108 (Teil I und II)
- Forschungsprojekte
 - Deutsche Wirbelsäulenstudie (DWS)
 - DWS- Richtwertestudie
 - DWS Machbarkeitsstudie zur Begutachtung

Präzisere Aussagen setzen präzisere Erkenntnisse voraus. Das erste Jahrzehnt nach Schaffung der neuen BK-Tatbestände zu Wirbelsäulenerkrankungen war geprägt durch die Suche nach Antworten auf die angesprochenen Probleme. Die Suche bezog sich auf die damals vorhandenen wissenschaftlichen Erkenntnisse, die explizit oder anscheinend der Entscheidung des Verordnungsgebers zugrunde lagen. So entstanden zunächst bei mehreren Berufsgenossenschaften gewerbe-spezifische Dosismodelle, und im Bereich der Begutachtung wurden mehr oder weniger plausible Thesen zur Kausalitätsbeurteilung aufgestellt. In der Rückschau könnte man diese Phase als „Stochern im Nebel“ charakterisieren.

Mit dem Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) wurde zunächst versucht, die unterschiedlichen Modelle zur Expositionsbeurteilung auf einen gemeinsamen, so gut es ging wissenschaftlich fundierten Nenner zu bringen. Überzeugend erschien insbesondere der Ansatz, sehr hohe Belastungen proportional höher zu gewichten als die weniger hohen. Aber allen Beteiligten war klar: Eine tragfähigere wissenschaftliche Grundlage der Expositionsbeurteilung war erforderlich.

Deutsche Wirbelsäulenstudie

- Fallkontrollstudie
 - Optimierung der Diagnostik
 - Differenzierung der Erkrankungsarten
 - Optimierung der Expositionserhebung
 - Ausweitung und Differenzierung der belastenden Tätigkeiten

- Ergebnisse
 - begrenztes Auswertungskonzept
 - Bestätigung der Dosis-Wirkungs-Beziehungen
 - niedrigere Dosis-schwellen
 - umfangreicher Schatz an Daten für weitere Auswertungen

Die gesetzliche Unfallversicherung hat in dieser schwierigen Situation ihren gesetzlichen Auftrag aus § 9 Abs. 8 SGB VII ernst genommen und geprüft, durch welche Forschungsaktivitäten mehr Licht ins Dunkel – sozusagen in die black box der black disc – gebracht werden kann. In dem eigens wegen der Probleme der BK-Nr. 2108 gegründeten „Arbeitskreis Wirbelsäulenerkrankungen“ haben wir damals mehrere Ansätze geprüft, uns intensiv beraten lassen, eine epidemiologische Fall-Kontroll-Studie – die spätere DWS – öffentlich ausgeschrieben, aus mehreren qualifizierten Angeboten einen Forschungsverbund gebildet, das Forschungskonzept in einem großen Fachgespräch in Mainz erörtert und anschließend die DWS durchgeführt.

Wir haben versucht, bei der DWS aus der Kritik an früheren Studien zu lernen. So wurden die in Betracht kommenden Erkrankungsarten präzisiert, differenziert und qualitätsgesichert diagnostiziert. Vor allem wurde die Ermittlung der Exposition gegenüber wirbelsäulenbelastenden Faktoren optimiert: Nicht nur die in den BK-Tatbeständen genannten, sondern sämtliche potenziell belastenden Tätigkeiten wurden einbezogen und differenziert erhoben. Hierzu wurde nicht nur eine qualifizierte Befragung der Probanden durchgeführt. Zusätzlich objektivierten Experten der Präventionsdienste der Berufsgenossenschaften die Befragungsergebnisse aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse zu Belastungen bei bestimmten Tätigkeiten oder bei bestimmten Berufen. Damit weist die DWS einen umfangreichen Datenschatz auf. Die damalige Auswertung war noch begrenzt. Jedenfalls bestätigte sie grundsätzlich die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen wirbelsäulenbelastenden Tätigkeiten und der Entstehung bandscheibenbedingter Wirbelsäulenerkrankungen. Die Auswertung legte die Annahme niedrigerer Dosis-schwellen nahe.

DWS-Machbarkeitsstudie zur Begutachtung: Ziele

- Erkenntnisse über die Häufigkeit der 19 Fallkonstellationen in der Bevölkerung
- Erkenntnisgewinn über die Relevanz der
 - Begleitspondylose
 - Lokalisation der bandscheibenbedingten Erkrankung im Bereich der LWS
 - Anzahl betroffener LWS-Segmente
 - bandscheibenbedingten Erkrankung der HWS und der LWS

Zum einen haben wir versucht, diesen Datensatz für die noch offenen Begutachtungsfragen nutzbar zu machen. Da nicht sicher war, ob die Daten der DWS wirklich Aussagen zu diesen Begutachtungsfragen erlauben, haben wir hierzu zunächst die Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben. Sie soll uns zunächst einmal Erkenntnisse darüber liefern, wie häufig die 19 Fallkonstellationen der Konsensempfehlungen in der Bevölkerung vorkommen. Weiterhin soll beurteilt werden, ob eine weiter gehende Auswertung der Daten einen Erkenntnisgewinn zu folgenden Fragen der Begutachtung verspricht:

- Welche Bedeutung hat die Begleitspondylose?
- Welche Bedeutung hat die Lokalisation der bandscheibenbedingten Erkrankung im Bereich der LWS (untere vs. obere Abschnitte)?
- Welche Bedeutung hat die Anzahl betroffener LWS-Segmente?
- Welche Bedeutung hat der Mitbefall der Halswirbelsäule?

Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD)

Etabliertes Standardinstrument für die Expositionsbeschreibung

BSG-Urteil vom 30. Oktober 2007 (B 2 U/ 4/06):

- MDD als das unter den vorliegenden Instrumenten am besten geeignete bestätigt
- Modifikationen des MDD für erforderlich erachtet

Die DWS hat Anhaltspunkte für niedrigere Dosisschwellen geliefert, was bekanntlich vom BSG aufgegriffen wurde. Gegen die grundsätzlichen Ansätze des MDD ergaben sich keine durchgreifenden Argumente, aber durchaus Kritikpunkte, denen weiter nachzugehen war. Hierzu erwies sich das Auswertungskonzept der DWS als ergänzungsbedürftig: Die unterschiedlichen wirbelsäulenbelastenden Tätigkeiten kommen in unterschiedlicher Variation und Kombination vor, und dies sollte besser als bisher abgebildet werden. Außerdem sollte versucht werden, aus den umfassend ausgewerteten Daten einen genaueren Richtwert zur Expositionsbeurteilung bei der BK-Nr. 2108 abzuleiten.

DWS Richtwertestudie: Ziele

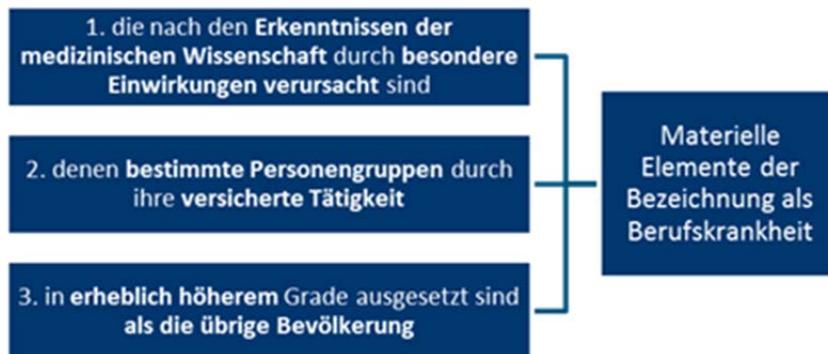
- Erkenntnisgewinn zu den Dosis-Wirkungs-Beziehungen
- Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens zur Expositions-Ermittlung und –Beurteilung

Damit sind wir bei den Zielen, die wir mit der Richtwertestudie verfolgt haben:

- Gegenüber den Ergebnissen der DWS sollten bessere und differenziertere Erkenntnisse zu den Dosis-Wirkungs-Beziehungen gewonnen werden. Insbesondere die Kombination unterschiedlicher belastender Tätigkeiten und ihrer unterschiedlichen Ausprägungen – z. B. unterschiedliche Grade der Rumpfbeuge – waren in ihren Wirkungen zu beurteilen.
- Wenn möglich sollten die Schwächen bzw. Unsicherheiten des MDD behoben und ein verbessertes praxistaugliches Verfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Exposition entwickelt werden.

Ich will den Vorträgen hierzu nicht vorgreifen: Wir sind gespannt, ob uns die Richtwertestudie diesen Zielen nahe gebracht hat.

Rechtlicher Rahmen: § 9 Absatz 1 Satz 2 SGB VII



Abschließend möchte ich den rechtlichen Rahmen ansprechen, in dem wir uns bewegen. Dieser wird von § 9 Absatz 1 Satz 2 SGB VII gezogen. Die materiellen Elemente der Bezeichnung als Berufskrankheit, die Sie hier in der Zusammenstellung von Prof. Brandenburg sehen, sind Ihnen allen vertraut. In unserem Zusammenhang ist besonders auf die folgenden hinzuweisen:

- Wir benötigen medizinisch-wissenschaftliche **Erkenntnisse** über Folgendes:
- Bestimmte Personengruppen müssen **besonderen Einwirkungen** durch ihre Tätigkeit
- **in erheblich höherem Grade** ausgesetzt sein als die übrige Bevölkerung
- und diese Einwirkungen müssen **ursächlich** für den Eintritt der Erkrankung sein.

Rechtlicher Rahmen: BK – Nr. 2108

- Hohe Anforderungen zu Art und Schwere der Exposition
 - Handhabung **schwerer** Lasten
 - **Extreme** Rumpfbeugehaltung
 - **Lang**jährigkeit
- Hohe Anforderungen zu Art und Schwere der Erkrankung
 - nicht „low back pain“ sondern **bandscheibenbedingte** LWS-Erkrankung
 - **Unterlassungszwang**

In diesem gesetzlichen Rahmen hat der Ordnungsgeber vor 20 Jahren die BK-Nr. 2108 geschaffen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse begründeten zwar einen Zusammenhang zwischen belastenden Tätigkeiten und der Entstehung bandscheibenbedingter Wirbelsäulenerkrankungen, ließen aber eine wirklich präzise Definition der Anerkennungsvoraussetzungen nicht zu. Um in dieser Situation eine von Volkskrankheiten abgrenzbare Berufskrankheit wissenschaftlich, rechtlich und sozialpolitisch vertretbar zu definieren, verwendete der Ordnungsgeber unbestimmte Rechtsbegriffe, die hohe Hürden der Anerkennung setzten.

- Sie betreffen zum einen Art und Umfang der Exposition: Hier ist die Rede von der Handhabung **schwerer Lasten**, von **extremer** Rumpfbeugehaltung und von **Langjäh**rigkeit.
- Sie betreffen zum anderen Art und Schwere der Erkrankung: So ist nicht allgemein von Rückenleiden, sondern von ganz **spezifischen bandscheibenbedingten Wirbelsäulenerkrankungen** die Rede. Und der geforderte **Unterlassungszwang** unterstreicht die insofern bestehenden hohen Anforderungen.

Diese rechtlichen Definitionen haben bei aller Elastizität doch deutliche Konturen. Sie sind Ausdruck einer komplexen Abwägung wissenschaftlicher, sozialpolitischer und rechtlicher Aspekte. Ich betone: Sie gelten weiterhin als Grundlage der Rechtsanwendung.

Es wird sehr sorgfältig abzuwägen sein, welche neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Präzisierung der Elemente der BK-Definition unmittelbar herangezogen werden können – und welche eine erneute Befassung des Ordnungsgebers und damit seine erneute Abwägung aller relevanten Aspekte infolge einer grundsätzlich veränderten Situation erfordern.

Grundlagen aus der Deutschen Wirbelsäulenstudie

Prof. Dr. Ulrich Bolm-Audorff

Beteiligte Institutionen:

- ▶ Landesgewerbeamt Wiesbaden
(Studienleitung und epidemiologische Auswertung)
- ▶ Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, Sankt Augustin
und Technische Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger:
Expositionsermittlung der Wirbelsäulenbelastung
- ▶ Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund:
Biomechanische Berechnung der kumulativen Wirbelsäulenbelastung
- ▶ Klinische Erhebungszentren:
 1. Institut für Arbeitsmedizin der Universität Frankfurt am Main
 2. Forschungsstelle Arbeits- und Sozialmedizin, Freiburg
 3. Institut für Epidemiologie, Biometrie und Informatik der Universität Halle
 4. Orthopädische Universitätsklinik Regensburg

Landesgewerbeamt Wiesbaden

2

Studiendesign:

Multizentrische Fall-Kontroll-Studie mit Einbeziehung von 915 Fällen,
darunter folgende Fallgruppen:

- ▶ Fallgruppe 1: 286 Männer mit lumbalem Prolaps
- ▶ Fallgruppe 2: 278 Frauen mit lumbalem Prolaps
- ▶ Fallgruppe 3: 145 Männer mit lumbaler Chondrose
- ▶ Fallgruppe 4: 206 Frauen mit lumbaler Chondrose

sowie 901 Kontrollprobanden aus der allgemeinen Wohnbevölkerung,
darunter 453 Männer und 448 Frauen

Landesgewerbeamt Wiesbaden

3

Arbeitstechnische und biomechanische Erhebungen

- Ca. 1,5-stündiges standardisiertes persönliches Interview durch geschulte Interviewerinnen u.a. zu beruflichen Wirbelsäulenbelastungen.
- Bei Überschreitung einer Mindestdosis Durchführung eines ca. 2-stündigen Zweitinterviews durch Techniker der Berufsgenossenschaft zu beruflichen Wirbelsäulenbelastungen, die durch das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz geschult wurden
- Biomechanische Erhebungen zur Berechnung der kumulativen Dosis nach dem Mainz-Dortmunder-Dosismodell (MDD) sowie 9 anderer Dosismodelle durch das Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund.

Landesgewerbeamt Wiesbaden

4

Untersuchte Dosismodelle mit Angaben zu Schwellen, ab denen die jeweiligen Werte berücksichtigt werden

Dosismodell	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rumpfmelngung	90°			20°	45°	75°	45°			
Druckkraft	m w	3,2 kN 2,5 kN		alle Werte	2,0 kN					
Tagesdosis	m w	5,5 kN/h 3,5 kN/h		alle Werte						
Handhabungen außer Heben oder Tragen	nein			ja						
Wichtung der Druckkraft	quad.m.a.W.					lin.	kub.	tetr.	quad.	

(Erläuterungen: *Druckkraftwerte aus MDD-Schätzgleichungen, m: männlich, w: weiblich, quad.: quadratisch, lin.: linear, kub.: kubisch, tetr.: tetradisch, quad.m.a.W.: quadratisch mit anschließender Wurzelbildung); nach Geiß et al. 2006

Landesgewerbeamt Wiesbaden

5

Radiologische und klinische Zweitbeurteilung

- ▶ Zweitbeurteilung der Röntgenbilder der gemeldeten Fälle und Überprüfung der Diagnosen durch einen erfahrenen Radiologen nach der Röntgenklassifikation der Konsensusarbeitsgruppe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften zur Begutachtung der Berufskrankheit 2108.
- ▶ Klinische Zweitbeurteilung und Einteilung der Fälle in die vier Fallgruppen durch die Orthopädische Universitätsklinik Regensburg

Landesgewerbeamt Wiesbaden

6

Einschluss von 915 Fällen aus folgenden Kliniken und Praxen

- Frankfurt a.M. (13 Kliniken, 9 orthopädische Praxen)
- Freiburg (7 Kliniken, 1 orthopädische Praxis)
- Halle (6 Kliniken)
- Regensburg (4 Kliniken, 3 orthopädische Praxen)

Landesgewerbeamt Wiesbaden

7

Einschlusskriterien der Fälle

Fallgruppe 1 und 2

Männliche Patienten (Fallgruppe 1) und weibliche Patienten (Fallgruppe 2) mit stationärer oder ambulanter Behandlung in einer Klinik wegen

- der Diagnose eines LWS-Prolaps im CT und/oder MRT und
- radikulärer LWS-Beschwerden sowie
- Nachweis eines umschriebenen sensiblen und/oder motorischen Wurzelsyndroms bei der durchgeführten neurologischen Untersuchung.

Landesgewerbeamt Wiesbaden

8

Einschlusskriterien der Fälle - Prolaps

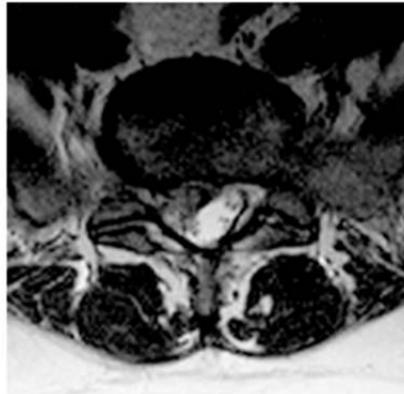
Grad I (Protrusion)	Vorwölbung ≤ 3 mm oder > 3 bis < 5 mm, wenn morphologische Kriterien nicht erfüllt sind
Grad II (Prolaps)	Vorwölbung > 3 bis < 5 mm, wenn morphologische Kriterien erfüllt sind
Grad III (Prolaps)	Vorwölbung ≥ 5 mm
Grad IV (sequetrierter Prolaps)	Prolaps mit Sequestration



Landesgewerbeamt Wiesbaden

9

Einschlusskriterien der Fälle - Prolaps



Landesgewerbeamt Wiesbaden

10

Einschlusskriterien der Fälle

Fallgruppe 3 und 4

Männliche Patienten (Fallgruppe 3) und weibliche Patienten (Fallgruppe 4) mit

1. stationärer oder ambulanter Behandlung in einer Klinik oder ambulanter Behandlung in einer orthopädischen Praxis mit
 - a. der Diagnose einer fortgeschrittenen Chondrose mit Bandscheibenschmälerung der LWS sowie
 - b. Nachweis eines sensiblen und/oder motorischen Wurzelsyndroms bei der neurologischen Untersuchung,
2. stationärer oder ambulanter Behandlung in einer Klinik oder ambulanter Behandlung in einer orthopädischen Praxis mit
 - a. der Diagnose einer fortgeschrittenen Chondrose mit Bandscheibenschmälerung der LWS sowie
 - b. einem lokalen, radikulären oder pseudoradikulären Lumbalsyndrom ohne neurologisches Defizit mit einem Finger-Boden-Abstand von ≥ 25 cm

Landesgewerbeamt Wiesbaden

11

Einschlusskriterien der Fälle

- fortgeschrittene Chondrose

Definition „fortgeschrittene Chondrose“:

Verminderung des mittleren Intervertebralraumes um mehr als ein Drittel im Vergleich zu den angrenzenden Intervertebralräumen



Landesgewerbeamt Wiesbaden

12

Weitere Einschlusskriterien der Fälle

Erstmanifestation der Erkrankung:

Die Erstmanifestation der Erkrankung nach ärztlicher Diagnosestellung durfte nicht länger als 10 Jahre vor Erfassung des Patienten als Fall zurückliegen.

Vorbehandlung:

Die operative bzw. stationäre Behandlung durfte nicht länger als 10 Jahre zurückliegen.

Landesgewerbeamt Wiesbaden

13

Epidemiologische Auswertung:

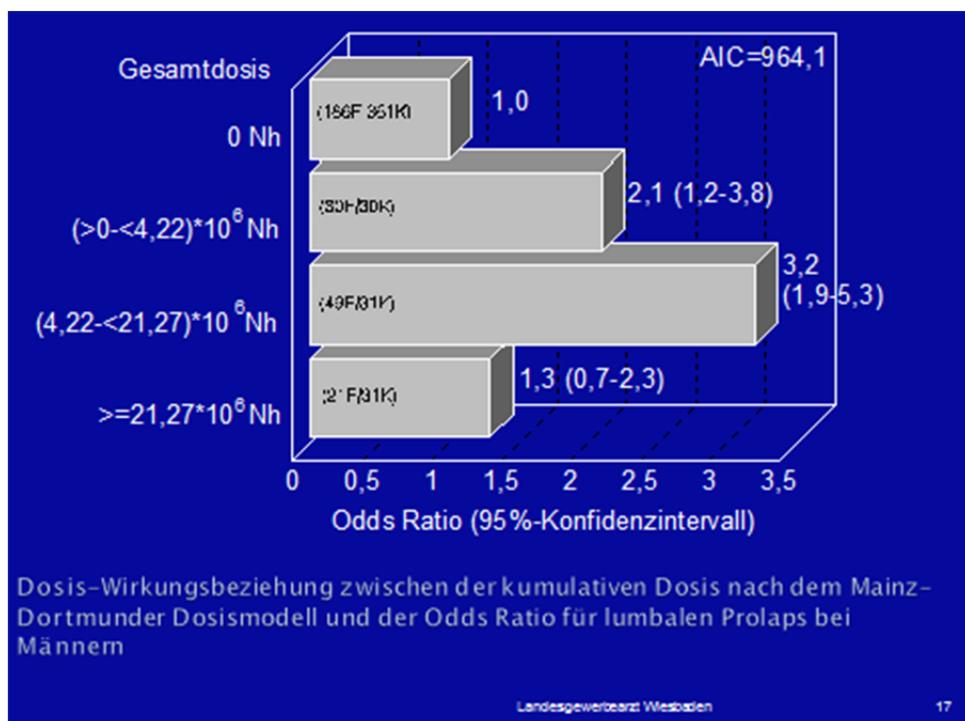
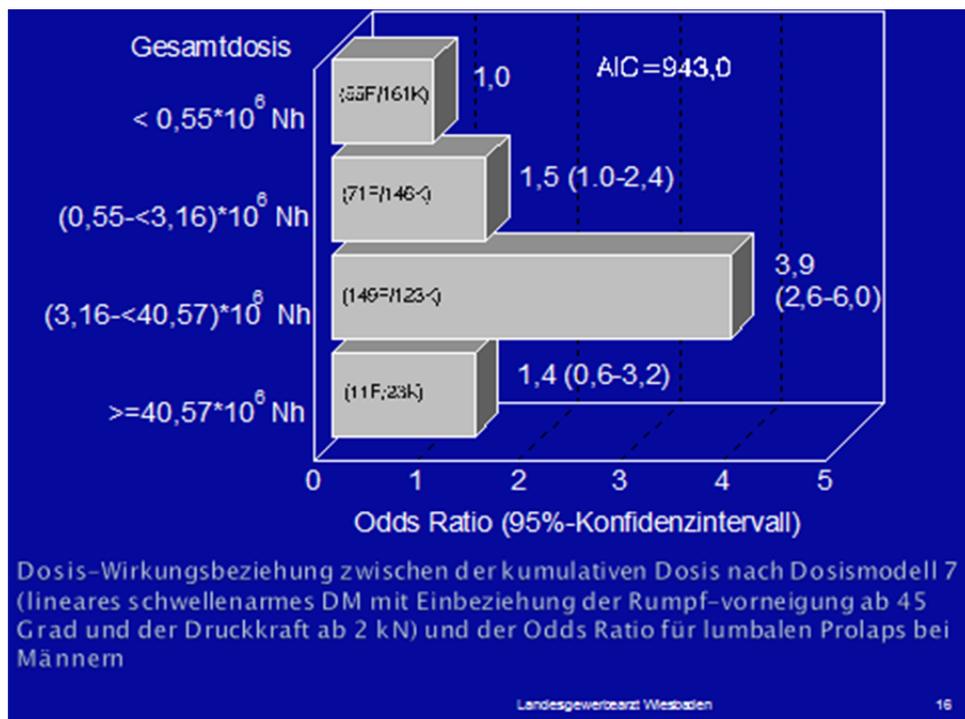
Berechnung von Odds Ratios mit Hilfe der unkonditionalen logistischen Regressionsanalyse mit Adjustierung für Alter und Studienzentrum und folgenden zusätzlichen Confoundern:

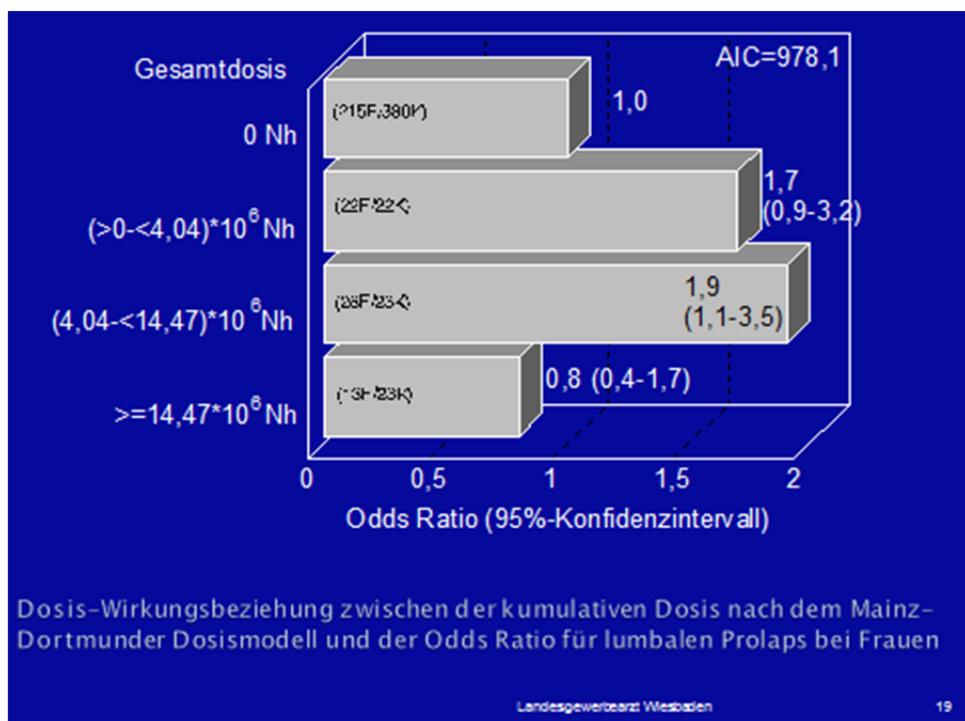
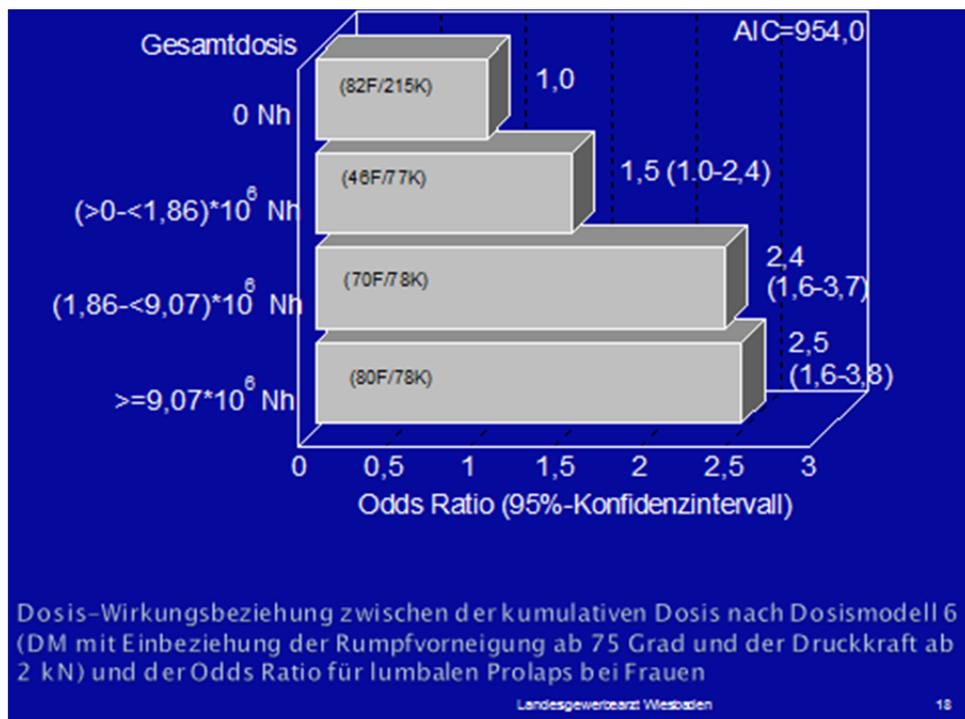
- Fallgruppe 1: Belastung durch Verlust des Arbeitsplatzes/Kündigung.
- Fallgruppe 2: Psychosoziale Belastungen am Arbeitsplatz (Arbeitsintensität, Tätigkeitsspielraum)
- Fallgruppe 3: Keine weiteren Confounder
- Fallgruppe 4: Psychosoziale Belastungen am Arbeitsplatz (Arbeitsintensität, Tätigkeitsspielraum)

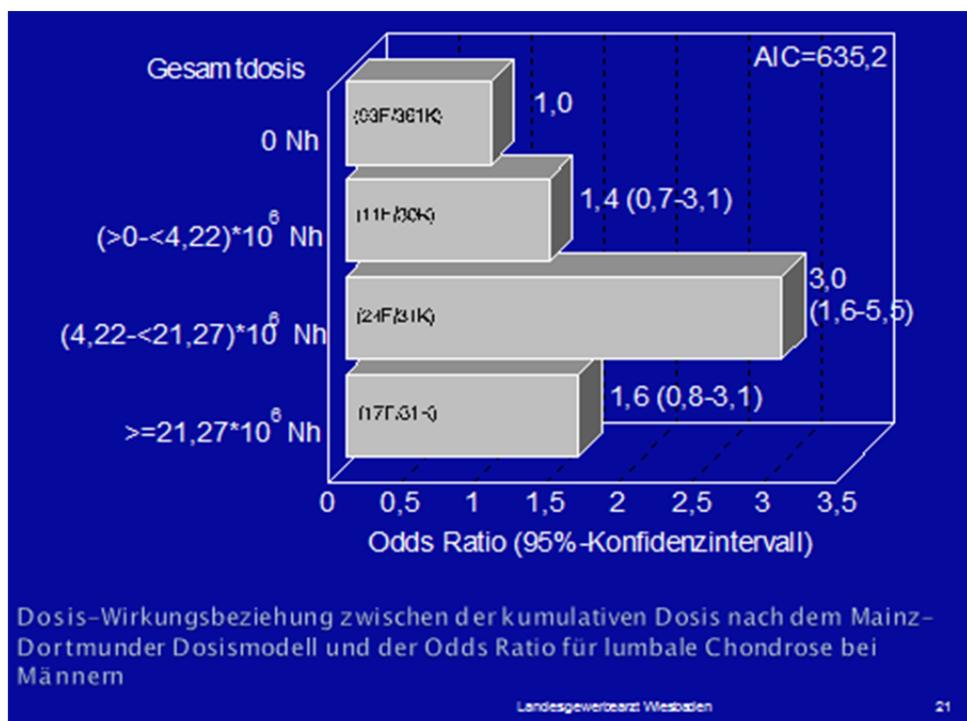
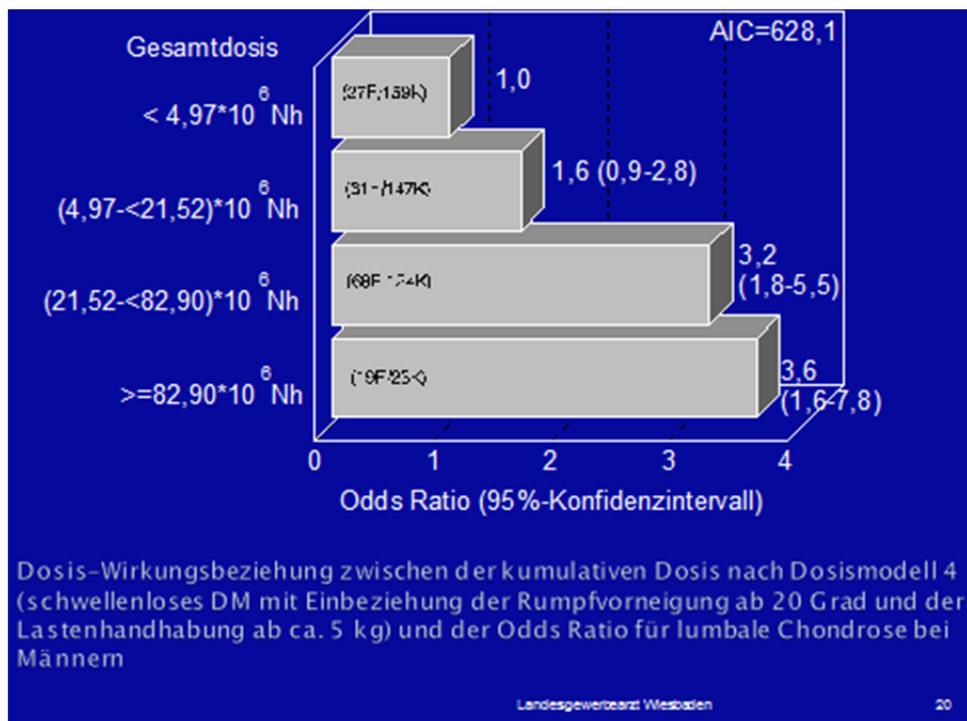
Für folgende potenziellen Confounder wurde nicht adjustiert, weil sie die Odds Ratio nicht um mindestens 10% änderten: Body-Mass-Index, Sport, Ganzkörperschwingungen, außerberufliche Wirbelsäulenerkrankungen (Morbus Scheuermann, Spondylolysthesis, Übergangswirbel, Morbus Bechterew, Wirbelkörperfrakturen etc.).

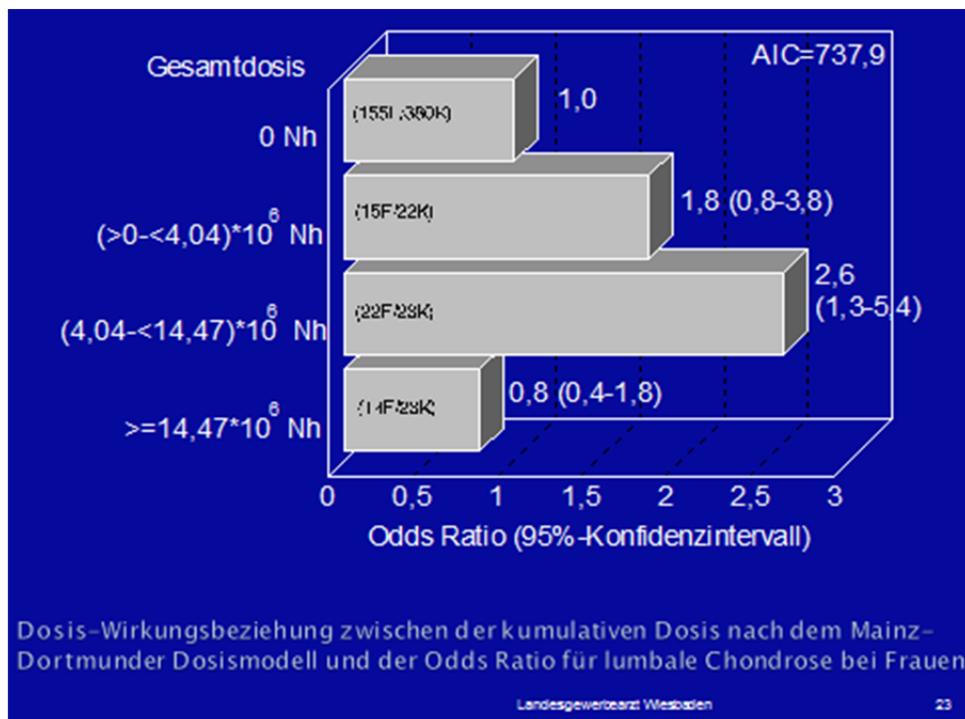
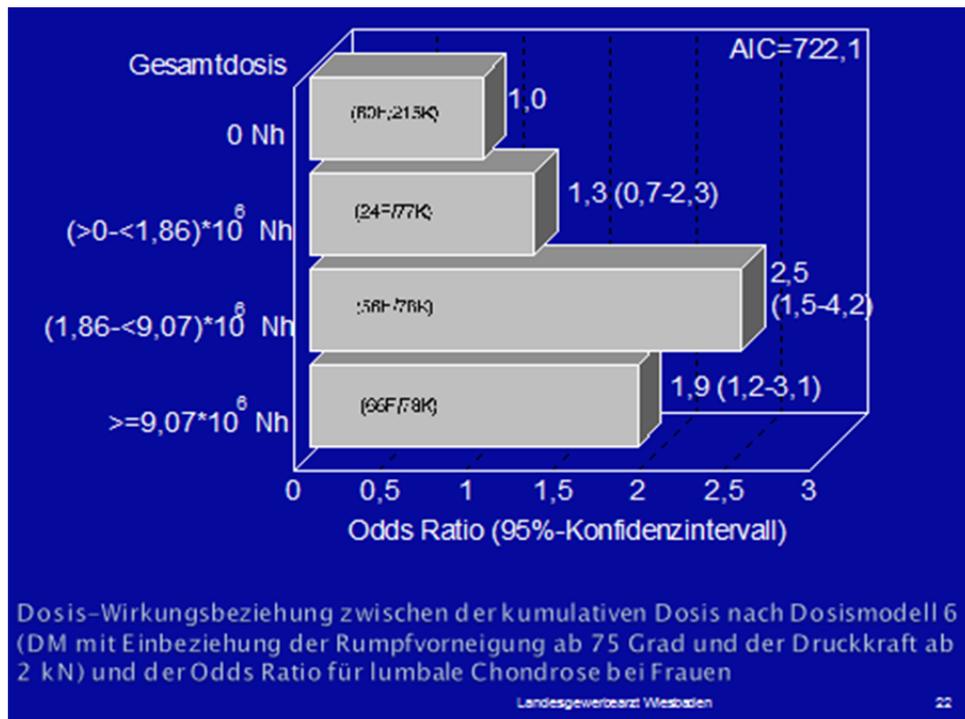
Auswahl des besten Dosismodells

- Die Auswahl der besten Dosismodelle erfolgte mit Hilfe des Akaike Information Criterion (AIC).
- Annähernd gleichwertige Dosismodelle wurden mit Hilfe des Bootstrap-Experiments ermittelt.
- Aus den annähernd gleichwertigen Dosismodellen erfolgte eine Auswahl mit Hilfe folgender Plausibilitätskriterien:
 1. Geschlecht (Vermeidung unterschiedlicher Dosismodelle bei Männern und Frauen für lumbalen Prolaps bzw. lumbale Chondrose).
 2. Monotonie (monotoner Anstieg der Dosis-Wirkungs-Beziehung).
 3. Einfachheit (einfache Berechnungsgrundlage).
 4. Spezifität (möglichst geringer Prozentsatz der exponierten Kontrollen in der höchsten Dosisklasse).









Auswahl des besten Dosismodells (Fortsetzung)

Nach den Kriterien AIC-Wert sowie den o.g. Plausibilitätskriterien zeigten folgende Dosismodelle die meisten Vorteile:

Dosismodell 7 mit Hochdosiskategorie, insbesondere für Männer und Frauen mit lumbalem Prolaps (Fallgruppe 1 und 2). Beim DM 7 handelt es sich um ein lineares schwellenarmes DM mit Einbeziehung der Rumpfvorneigung ab 45° und der Druckkraft ab 2 kN.

Dosismodell 6 ohne Hochdosiskategorie, insbesondere für Frauen mit lumbalem Prolaps und lumbaler Chondrose (Fallgruppe 2 + 4). Bei diesem DM werden Belastungen durch Lastenhandhabung ab 2 kN und durch Rumpfvorneigung ab 75° einbezogen.

Dosismodell 4 mit und ohne Hochdosiskategorie, insbesondere für Männer und Frauen mit lumbaler Chondrose (Fallgruppe 3 + 4). DM mit Einbeziehung von Belastungen durch Rumpfvorneigung ab 20° und durch Lastenhandhabung ab ca. 5 kg.

Auswahl des besten Dosismodells (Fortsetzung)

Das MDD gehört nicht zu den am besten anpassenden Dosismodellen, sondern bei den Fallgruppen 1, 2 und 4 zu den am schlechtesten anpassenden Dosismodellen. Bei der Fallgruppe 3 liegt es im Mittelfeld der geprüften Dosismodellen.

Unterschiede zwischen den besten Dosismodellen im Vergleich zum Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD)

Niedrigerer Schwellenwert für die Bandscheibendruckkraft bei Lastenhandhabung:

MDD: 3.200 N bei Männern und 2.500 N bei Frauen

Dosismodell 6 und 7: 2.000 N bei Männern und Frauen

Dosismodell 4: kein Schwellenwert, Berücksichtigung aller Lastenhandhabungen ab ca. 5 kg.

Unterschiede zu den besten Dosismodellen im Vergleich zum Mainz-Dortmunder Dosismodell (Fortsetzung)

2. Der Schwellenwert für die Berücksichtigung der Rumpfvorneigung ist im Vergleich zum MDD (90°) beim Dosismodell 6 leichtgradig auf 75° und beim Dosismodell 7 und 4 deutlich auf 45° bzw. 20° abgesenkt.
3. Im Vergleich zum MDD gibt es keinen Schwellenwert für die Tagesdosis, d.h. auch für Arbeitstage mit vergleichsweise geringer Schichtbelastung werden die „Einzelbelastungen“ einbezogen.

Unterschiede zwischen den besten Dosismodellen im Vergleich zum Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) (Fortsetzung)

4. Berechnung der lumbalen Belastung:

- MDD: Bestimmungsgleichungen
- Dosismodelle 4, 6 und 7: Berechnung mit dem biomechanischen Modell „Der Dortmunder“ mit Einbeziehung anderer Formen der Lastenhandhabung wie Ziehen, Schieben, Fangen oder Werfen bzw. Schaufeln.

Zusammenfassung:

1. Die Studie spricht für eine positive Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen kumulativer beruflicher Belastung durch Lastenhandhabung und Rumpfbeugung sowohl in Bezug auf die Entwicklung eines lumbalen Prolaps als auch einer lumbalen Chondrose bei Männern und Frauen.
2. Die besten Dosismodelle für die Beschreibung dieser Dosis-Wirkungs-Beziehung zeichnen sich durch eine abgesenkte Schwelle für die lumbale Druckkraft bei Lastenhandhabung und Rumpfvorneigung aus, das Fehlen eines Schwellenwertes für die Tagesdosis sowie die Einbeziehung von sonstigen Formen der Lastenhandhabung wie Ziehen, Schieben, Fangen, Werfen oder Schaufeln von Lasten.

Zusammenfassung (Fortsetzung):

3. Das Mainz-Dortmunder Dosismodell gehört nicht zu den besten Dosismodellen für die Beschreibung der o.g. Dosis-Wirkungs-Beziehung. Ferner ist bemerkenswert, dass sich in der höchsten Dosisklasse, entsprechen mindestens 80 % des MDD-Richtwertes für die Gesamtdosis für keine Fallgruppe ein signifikant erhöhtes Risiko findet und bei Frauen mit lumbalem Prolaps und Chondrose ein nicht signifikant erniedrigtes Risiko.

Forschungsprojekt „Machbarkeitsstudie für die Untersuchung Begutachtungsrelevanter Fragen zur Beurteilung der Berufskrankheit 2108 mit Hilfe der Daten der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS-Machbarkeitsstudie)“

Ziele und Ergebnisse der DWS-Machbarkeitsstudie

Prof. Dr. Ulrich Bolm-Audorff

Forschungsprojekt „Machbarkeitsstudie
für die Untersuchung begutachtungsrelevanter Fragen zur
Beurteilung der Berufskrankheit 2108 mit Hilfe der Daten der
Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS-Machbarkeitsstudie)“

Teil A: Klinische Beschreibung der 915 DWS-Fälle

Teil B: Machbarkeit einer Hauptstudie

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

2

Beteiligte Autorinnen und Autoren sowie deren Institutionen:

U. Bolm-Audorff ¹, A. Bergmann ², J. Grifka ³, J. Haerting ², K. G.
Hering ⁴, O. Linhardt ⁵, G. Petereit-Haack ¹, T. Vaitl ³, A. Seidler ⁶

¹Landesgewerbeamt, Wiesbaden;

²Institut für medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik,
Universität Halle/Wittenberg, Halle;

³Orthopädische Klinik, Universität Regensburg, Bad Abbach

⁴Radiologische Abteilung, Knappschafts-Krankenhaus, Dortmund;

⁵Orthopädiezentrum Arabellapark, München;

⁶Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin, Medizinische
Fakultät Carl Gustav Carus der TU Dresden

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

3

Einleitung:

Nach der Konsensempfehlung zur Begutachtung der Berufskrankheit 2108 sind einige Fragen der Begutachtung dieser Berufskrankheit weiter strittig, darunter

- die Bedeutung der Begleitspondylose
- einzelne Fallkonstellationen nach der Konsensempfehlung (Bolm-Audorff et al.: Trauma und Berufskrankheit 2005, 7: 211 -52).

Methodik der klinischen Beschreibung der 915 DWS-Fälle:

Die 915 DWS-Fälle wurden klinisch detailliert beschrieben

- zur Art des LWS-Syndroms,
- zur Schmerzintensität und zur Einschränkung bei alltäglichen Verrichtungen
- zur Anzahl der LWS-Segmente mit Prolaps und/oder fortgeschrittener Chondrose,
- zum Vorliegen einer Begleitspondylose,
- zum Mitbefall der Halswirbelsäule,
- zum Vorliegen konkurrierender Ursachenfaktoren
- sowie zur Fallkonstellation nach der Konsensempfehlung.

Art des Wirbelsäulensyndroms:

Die bandscheibenbedingte Erkrankung wurde wie folgt beschrieben:

- Motorisches Wurzelsyndrom
- Sensibles Wurzelsyndrom
- Sensomotorisches Wurzelsyndrom
- Lokales Lumbalsyndrom

Landesgewerbearzt, Wiesbaden

6

Schmerzintensität und Einschränkungen bei täglichen Verrichtungen:

Die Schmerzintensität wurde anhand einer visuellen 10-stufigen Analogskala ermittelt.

Einschränkungen bei alltäglichen Verrichtungen wurden mit Hilfe des Oswestry Low Back Pain-Scores gemessen.

Landesgewerbearzt, Wiesbaden

7

Lokalisation und Anzahl der betroffenen Segmente:

- Erfassung der Anzahl der LWS-Segmente mit Prolaps und/oder fortgeschrittener Chondrose.
- Lokalisation der bandscheibenbedingten Erkrankung in den Segmenten L5/S1 und/oder L4/L5 bzw. in der mittleren und oberen LWS

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

8

Begleitpondylose:

Nach der Konsensempfehlung ist die Begleitpondylose der Lendenwirbelsäule wie folgt definiert:

- Es handelt sich um eine altersuntypische vordere oder seitliche Spondylose im Sinne der Röntgenklassifikation der Konsensempfehlung.
- Diese altersuntypische Spondylose betrifft mindestens 2 LWS-Segmente, die nicht von Chondrose oder Prolaps betroffen sind.
- Eine altersuntypische Spondylose in einem später von Chondrose oder Prolaps betroffenen Segment, die nachweislich vor dem Eintritt der bandscheibenbedingten Erkrankung diagnostiziert wurde, ist ebenfalls als Begleitpondylose einzustufen.
- Eine Spondylose, die auf konkurrierende Ursachenfaktoren zurückgeführt werden kann, wie z.B. Abstützungsreaktionen bei Skoliose, gilt nicht als Begleitpondylose.

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

9

Mitbefall der Halswirbelsäule:

Vergleich der Degeneration im Bereich der HWS und LWS anhand des folgenden Summscores:

- Gewichtungsfaktor 1 für eine altersuntypische Protrusion.
- Gewichtungsfaktor 2 für eine altersuntypische Chondrose Grad I oder II der LWS bzw. eine Chondrose Grad I in der HWS.
- Gewichtungsfaktor 3 für eine Chondrose Grad III/IV oder einen Prolaps in der LWS bzw. eine Chondrose Grad II oder ein Prolaps in der HWS.

Konkurrierende Ursachenfaktoren:

Erfassung der folgenden, in der Konsensempfehlung ausgewiesenen außerberuflich bedingten konkurrierenden Ursachenfaktoren:

1. Spondylolythese Grad II – IV nach Meyerding.
2. Segmentversteifung oder Blockwirbel.
3. Asymmetrischer lumbosakraler Übergangswirbel.
4. Tiefe Lumbalskoliose mit einem Winkelgrad nach Cobb von $>10^\circ$.
5. Lumbale Skoliose mit einem Winkelgrad von mindestens 25° nach Cobb.
6. Lumbaler Morbus Scheuermann mit Keilwirbel.

Fallkonstellation nach der Konsensempfehlung:

Die Zuordnung der DWS-Fälle zu den Fallkonstellationen der Konsensempfehlung erfolgte im Rahmen einer Programmierung durch das Studienzentrum Dresden.

In einer Stichprobe von 100 der 915 DWS-Fälle wurde die Fallkonstellation nach der Konsensempfehlung durch die Studienzentren Halle, Regensburg und Wiesbaden sowie den externen Experten, Dr. Hering, ermittelt, mit der Programmierung verglichen und eine gemeinsame Fallkonstellation im Konsens erarbeitet.

Bei Abweichungen der ursprünglichen Programmierung von der im Konsens gefundenen Fallkonstellation wurde die Programmierung überarbeitet.

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

12

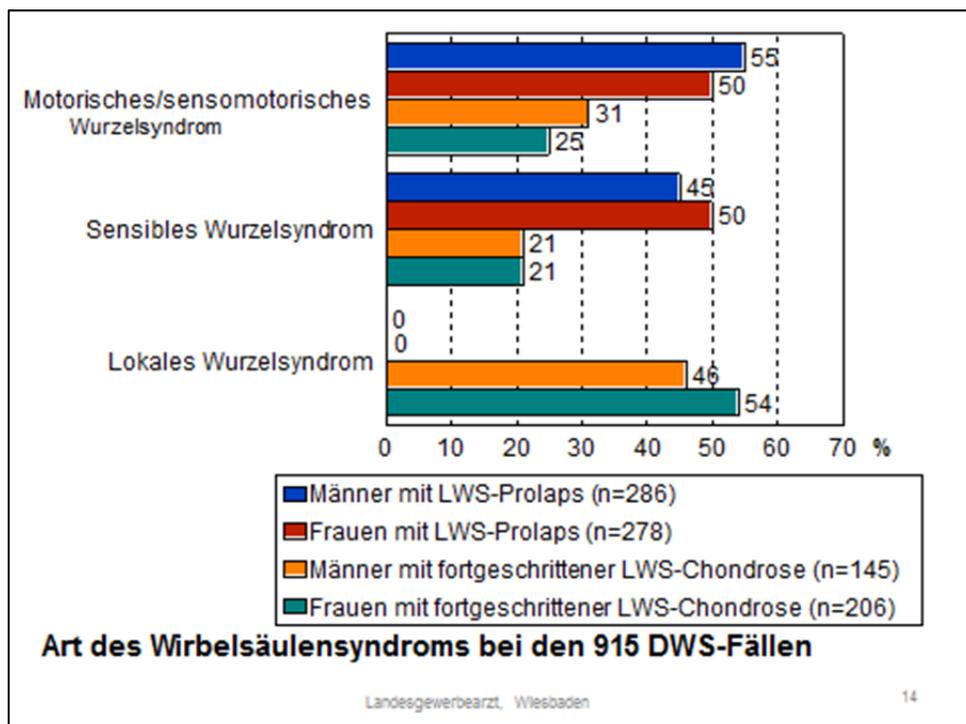
Darstellung in Abhängigkeit von der Gesamtdosis:

Die Lokalisation und Anzahl der betroffenen Segmente, die Häufigkeit der Begleitspondylose, der Mitbefall der Halswirbelsäule sowie die Fallkonstellation nach Konsensempfehlung wurde in Abhängigkeit von der MDD-Gesamtdosis dargestellt:

- DWS-Fälle mit und ohne Überschreitung der MDD-Richtwerte für die Lebensdosis in Höhe von 25 MNh bei Männern und 17 MNh bei Frauen.
- DWS-Fälle mit und ohne Überschreitung des unteren Grenzwertes in Höhe von 12,5 MNh bei Männern und Frauen nach dem BSG-Urteil vom 30.10.2007 (Az.: B 2 U 4/06 R).

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

13

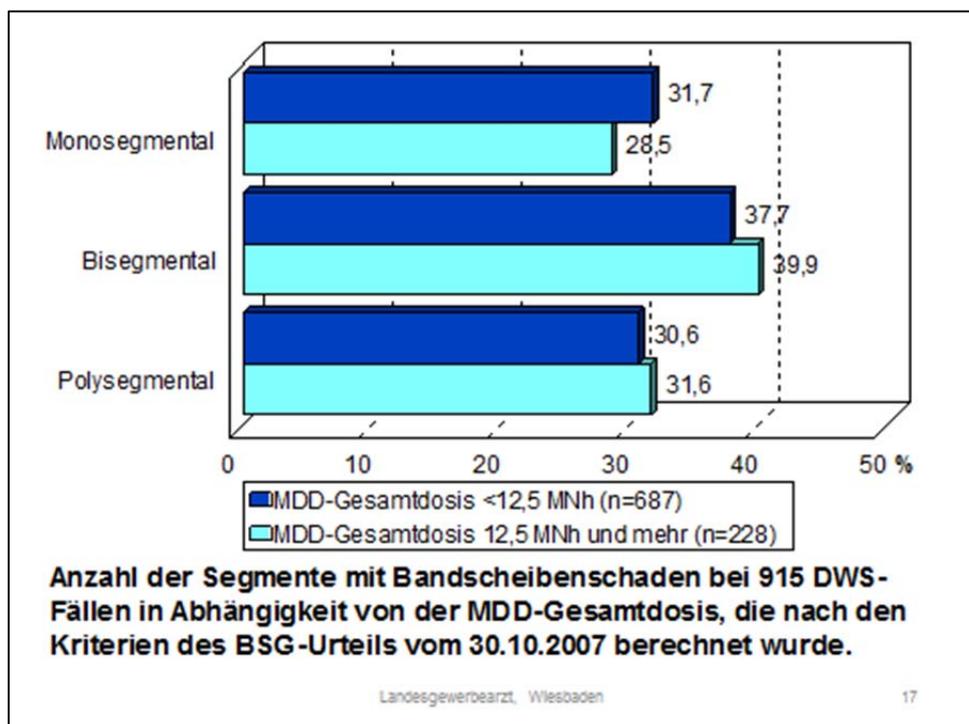
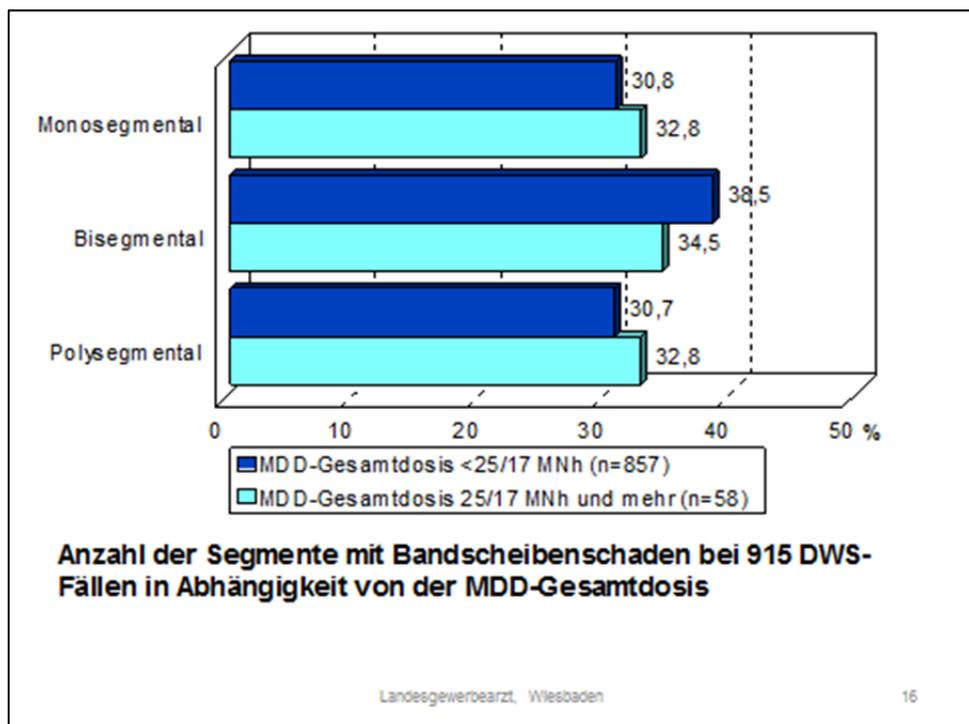


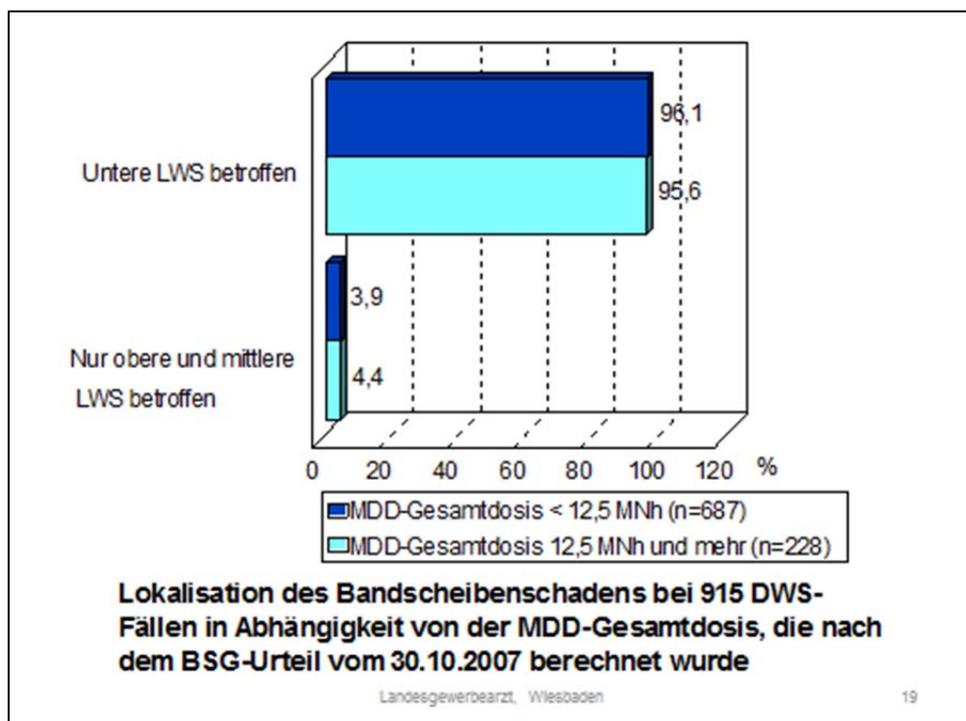
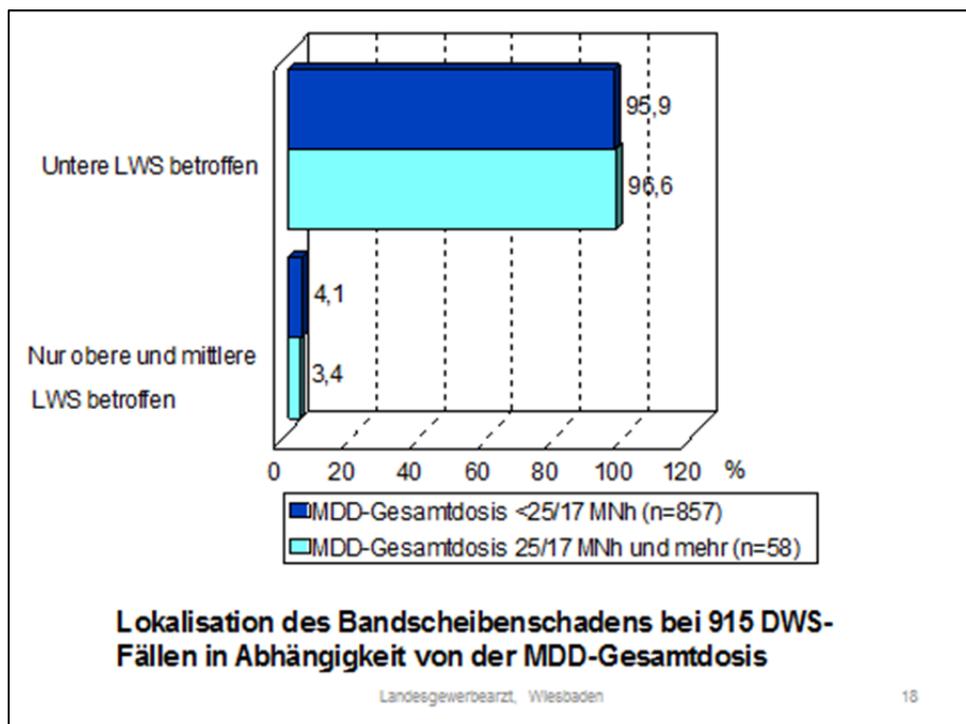
Schmerzintensität und Einschränkung bei alltäglichen Verrichtungen:

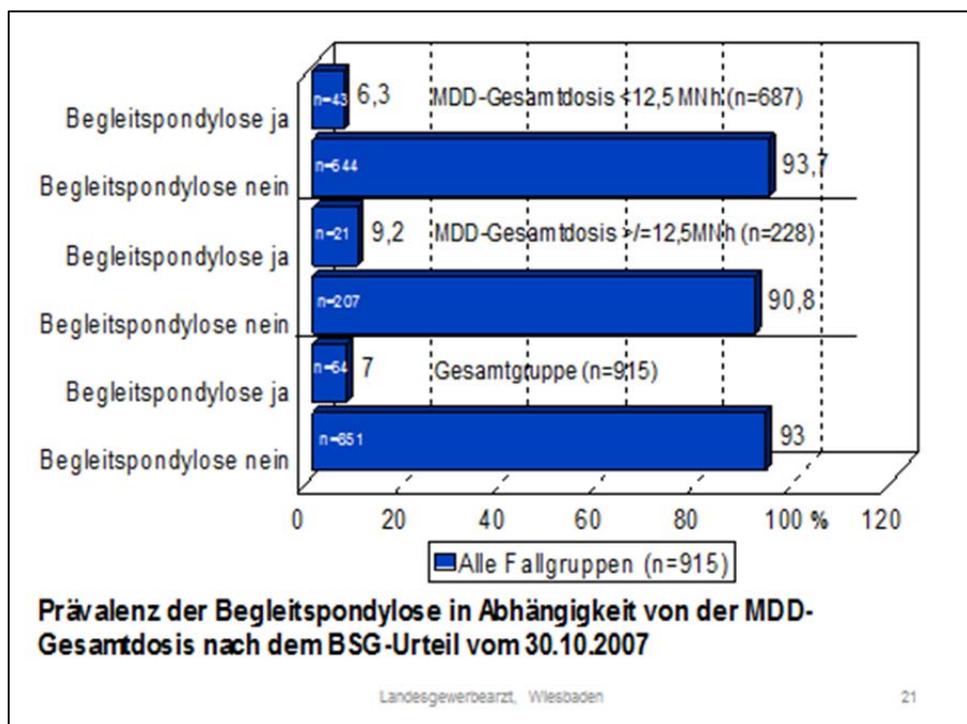
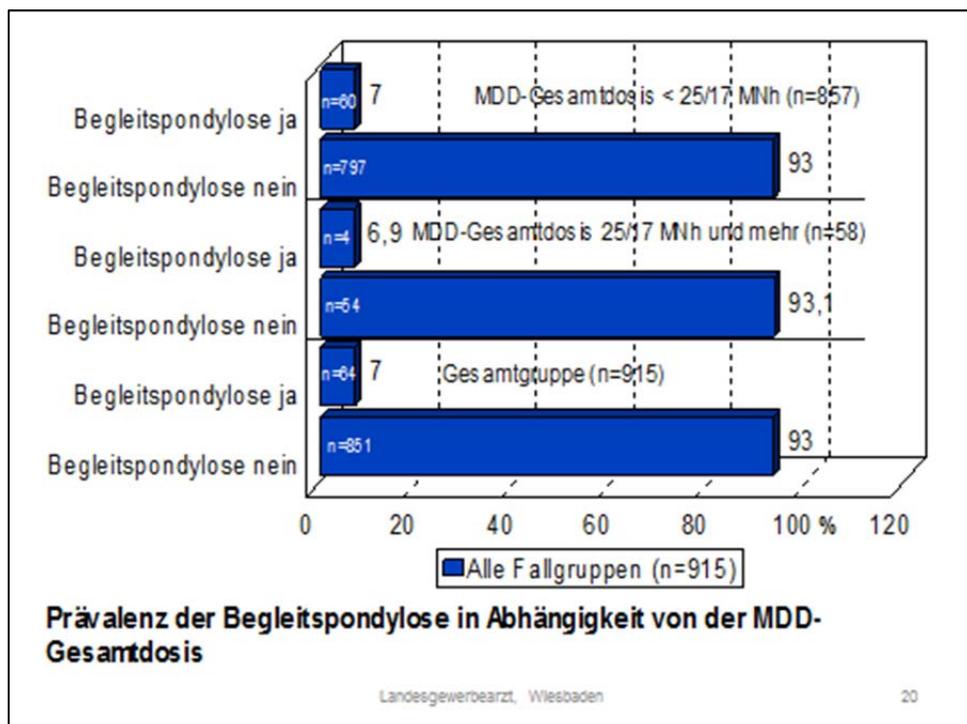
Der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung der Schmerzintensität auf der visuellen 10-stufigen Analogskala lag bei $7,4 \pm 1,9$ mit einem Medianwert von 8,0.

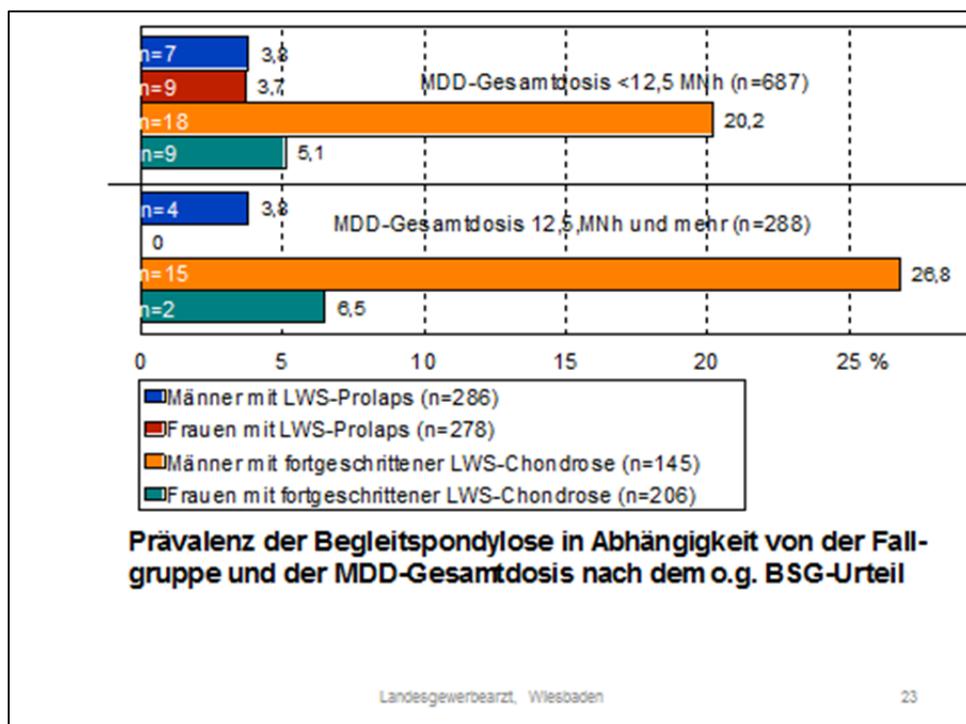
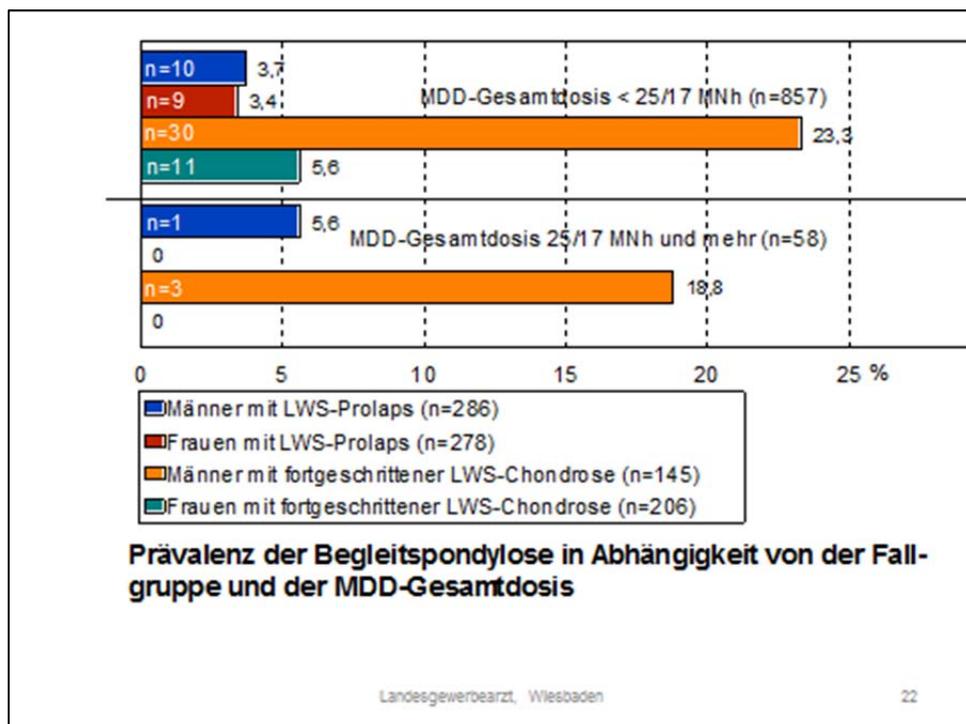
Der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung betreffend den Oswestry Score betrug $44,8 \pm 21,6$.

Beide Ergebnisse sprechen für eine hohe Schmerzintensität bei den DWS-Probanden und eine erhebliche Einschränkung bei täglichen Verrichtungen.







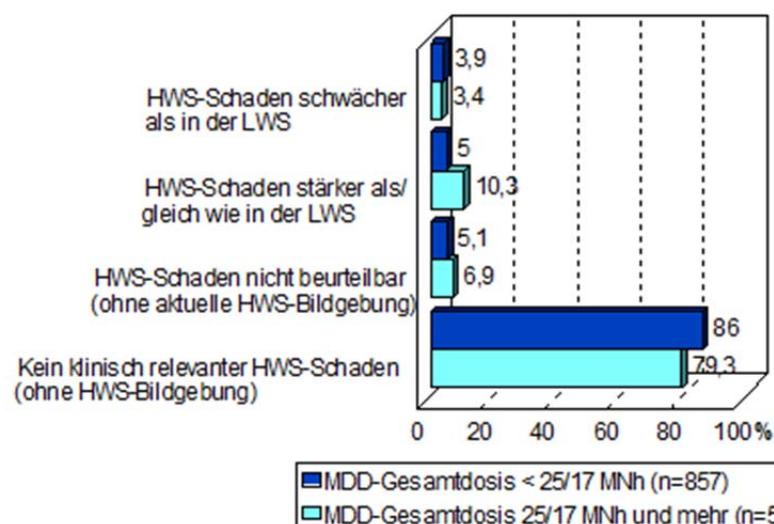


Merkmale von DWS-Fällen mit und ohne Begleitspondylose

Merkmal	Begleitspondylose	
	Ja (n=64)	Nein (n=851)
Alter (Jahre)	58,4+/-9,5	50,3+/-11,6
Männeranteil (%)	68,8	45,5
Anteil mit Adipositas, d.h. Body Mass-Index ≥ 30 kg/m ² (%)	14,1	5,1

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

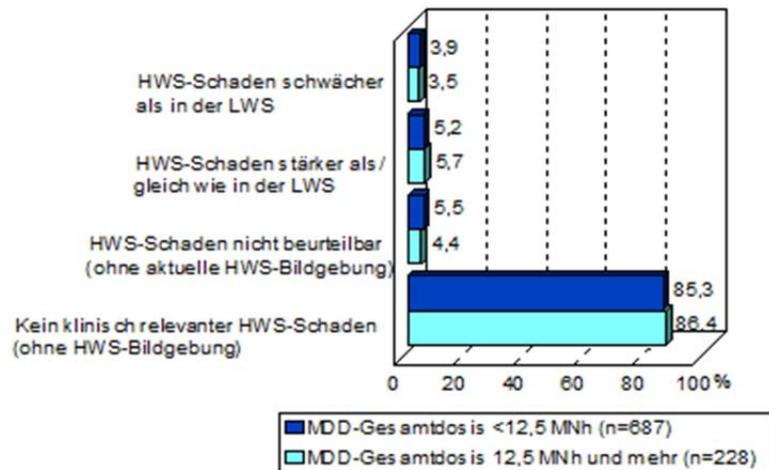
24



Mitbefall der HWS bei 915 DWS-Fällen in Abhängigkeit von der MDD-Gesamtdosis

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

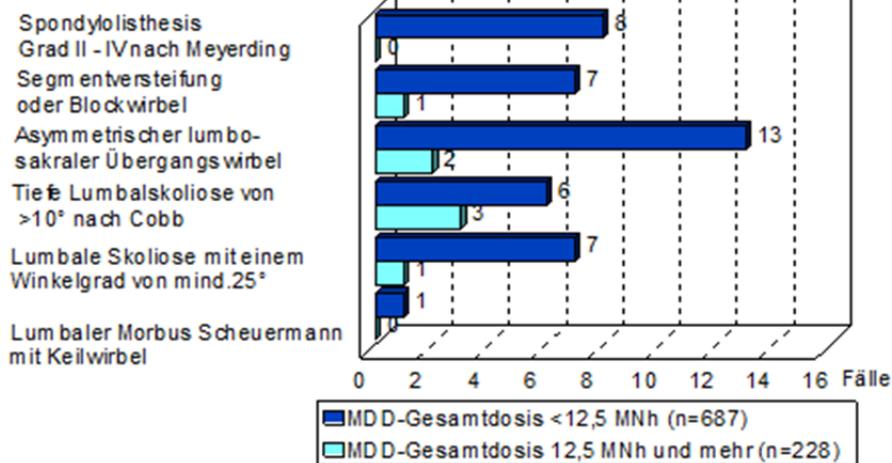
25



Mitbefall der HWS bei 915 DWS-Fällen in Abhängigkeit von der MDD-Gesamtdosis nach dem BSG-Urteil vom 30.10.2007

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

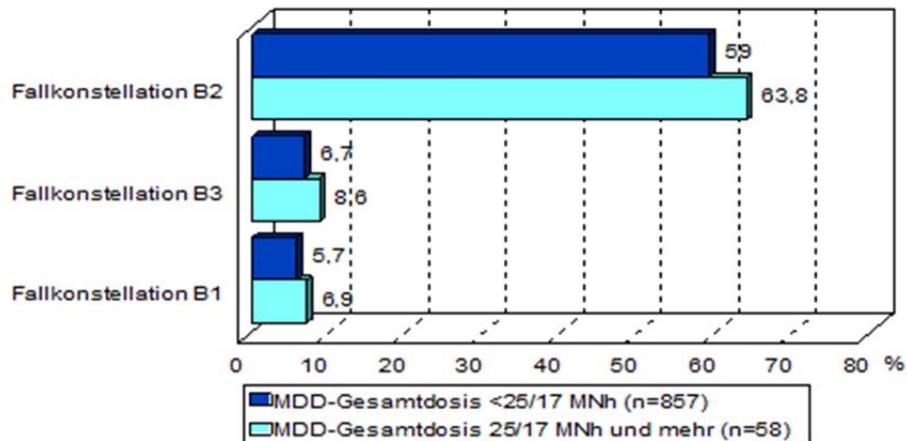
26



Gesicherte außerberufliche bedingte konkurrierende Ursachenfaktoren bei 915 DWS-Fällen in Abhängigkeit von der MDD-Gesamtdosis nach dem o.g. BSG-Urteil

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

27



Fallkonstellation nach den Konsenskriterien bei 915 DWS-Fällen in Abhängigkeit von der MDD-Gesamtdosis

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

28

Definition der Fallkonstellation B1 der Konsensempfehlung

1. Exposition im Sinne des MDD ausreichend: ja
2. Die bandscheibenbedingte Erkrankung betrifft L5/S1 und/oder L4/L5
3. Ausprägung des Bandscheibenschadens: Chondrose Grad II oder höher und/oder Vorfall
4. wesentliche konkurrierende Ursachenfaktoren erkennbar: nein
5. Begleitspondylose: ja

Beurteilung: Zusammenhang wahrscheinlich

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

29

Definition der Fallkonstellation B2 der Konsensempfehlung

1. Ausreichende Exposition im Sinne des MDD: ja
 2. Lokalisation: Die bandscheibenbedingte Erkrankung betrifft L5/S1 und/oder L4/L5
 3. Ausprägung des Bandscheibenschadens: Chondrose Grad II oder höher und/oder Vorfall
 4. Wesentliche konkurrierende Ursachenfaktoren erkennbar: nein
 5. Begleitspondylose: nein
 6. Mindestens eins der folgenden Kriterien erfüllt:
 - Höhenminderung und/oder Prolaps an mehreren Bandscheiben, bei monosegmentaler/m Chondrose/Vorfall in L5/S1 oder L4/L5 „Black Disc“ im MRT in mindestens zwei angrenzenden Segmenten.
 - Besonders intensive Belastung.
 - Besonderes Gefährdungspotential durch hohe Belastungsspitzen.
- Beurteilung: Zusammenhang wahrscheinlich.

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

30

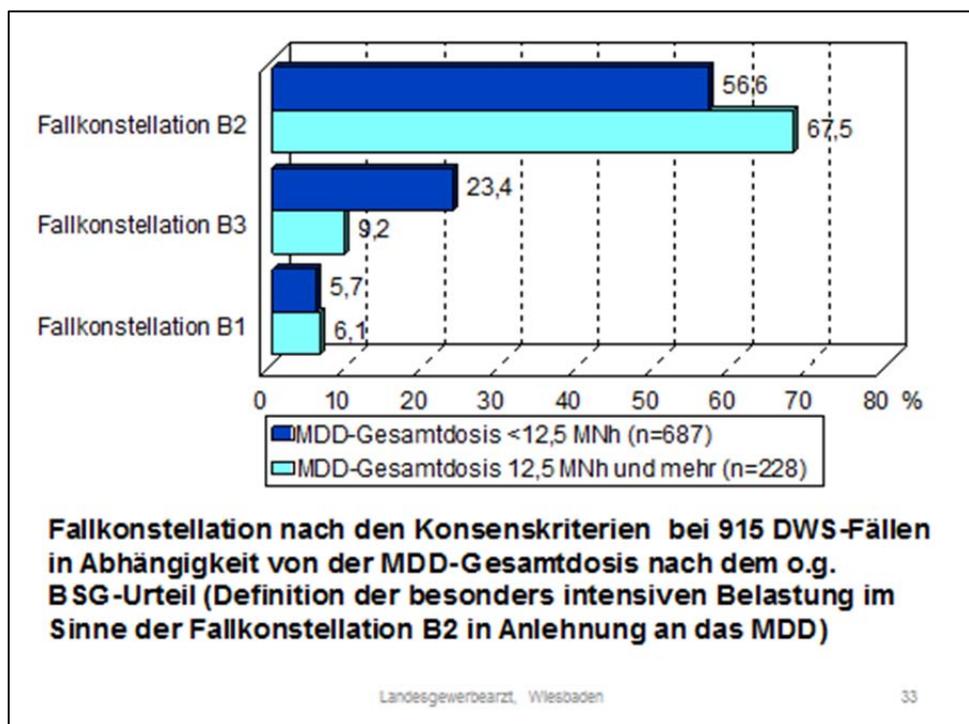
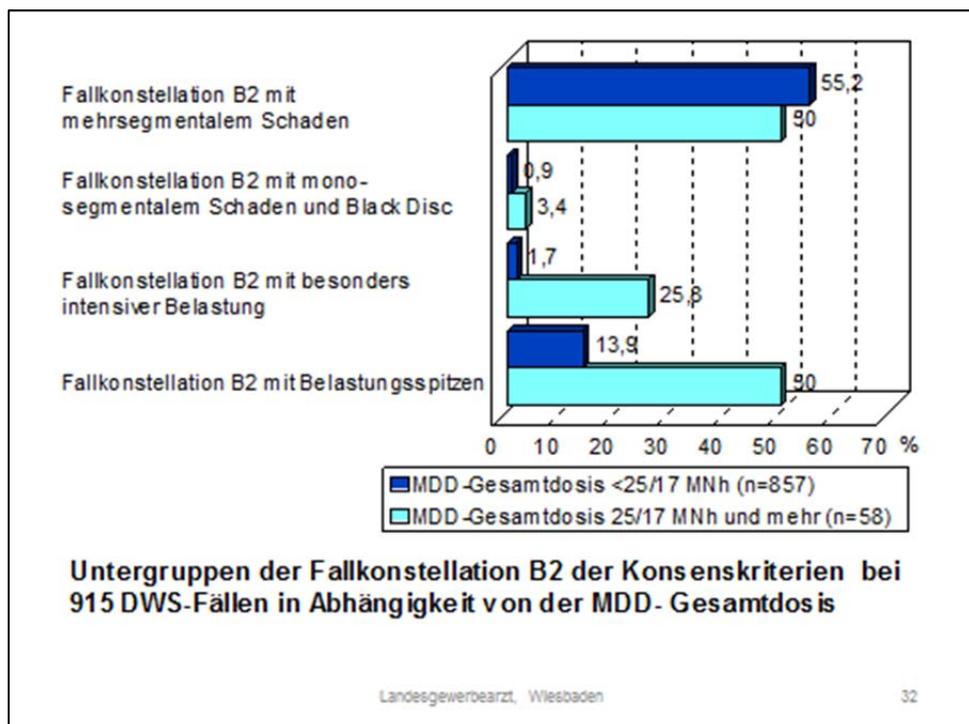
Definition der Fallkonstellation B3 der Konsensempfehlung:

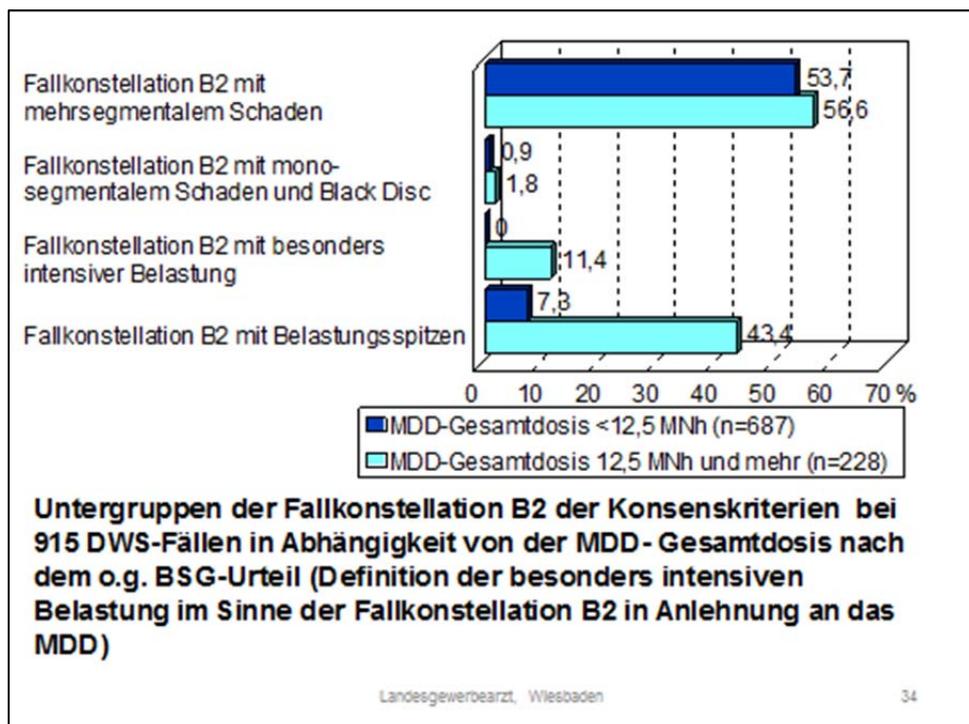
1. ausreichende Exposition im Sinne des MDD: ja
2. Lokalisation: Die bandscheibenbedingte Erkrankung betrifft L5/S1 und/oder L4/L5
3. Ausprägung des Bandscheibenschadens: Chondrose Grad II oder höher und/oder Vorfall
4. wesentliche konkurrierende Ursachenfaktoren erkennbar: nein
5. Begleitspondylose: nein
6. keins der folgenden Kriterien erfüllt:
 - Höhenminderung und/oder Prolaps an mehreren Bandscheiben, bei monosegmentaler/m Chondrose/Vorfall in L5/S1 oder L4/L5 „black disc“ im MRT in mindestens zwei angrenzenden Segmenten.
 - Besonders intensive Belastung.
 - Besonderes Gefährdungspotential durch hohe Belastungsspitzen.

Beurteilung: bei dieser Konstellation bestand kein Konsens.

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

31





Zusammenfassung:

Die Auswertungen sind vereinbar mit der Hypothese, dass dem Nachweis eines polysegmentalen Bandscheibenschadens und einer Begleitspondylose keine wesentliche Bedeutung bei der Begutachtung der Berufskrankheit 2108 zukommt.

Die Prüfung dieser Hypothese bleibt einer multivariaten Analyse einer eventuelle Hauptstudie vorbehalten.

Zusammenfassung (Fortsetzung):

Am häufigsten fanden sich bei den 228 DWS-Fällen mit einer MDD-Gesamtdosis von mindestens 12,5 MNh nach dem o. g. BSG-Urteils folgende Fallkonstellationen:

- Fallkonstellation B2 (67,5 %).
- Fallkonstellationen B3 (9,2 %)
- Fallkonstellation B 1 (6,1 %).

Teil B: Machbarkeit einer Hauptstudie

In einer Hauptstudie soll die Frage beantwortet werden, welche Relevanz

1. die Begleitspondylose,
2. die Lokalisation der bandscheibenbedingten Erkrankung im Bereich der Lendenwirbelsäule,
3. die Anzahl der betroffenen LWS-Segmente sowie
4. der Mitbefall der Halswirbelsäule

für die Entwicklung einer bandscheibenbedingten Erkrankung der Lendenwirbelsäule haben.

Vorgehen in der geplanten Hauptstudie am Beispiel der Begleitspondylose:

Vergleich der Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der beruflichen Gesamtdosis mit dem jeweils besten Dosismodell und der Entwicklung einer bandscheibenbedingten Erkrankung der Lendenwirbelsäule in einer Fall-Kontroll-Studie mit Fällen mit Begleitspondylose im Vergleich zu einer Fall-Kontroll-Studie mit Fällen ohne Begleitspondylose.

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

38

Dieser Vergleich ist in der Hauptstudie machbar, sofern sich in der DWS genügend Fälle mit Begleitspondylose und ohne Begleitspondylose finden, so dass nach der Power-Berechnung eigene Fall-Kontroll-Studien durchgeführt werden können.

Ferner wurde die Weite des 95%-Konfidenzintervalls des Odds Ratios für die Entwicklung eines Bandscheibenschadens in Abhängigkeit von der Expositionshöhe nach dem DWS-Dosismodell 4 berechnet.

Landesgewerbeamt, Wiesbaden

39

Dafür wurden Fälle mit Begleitspondylose mit Kontrollen verglichen und das 95%-Konfidenzintervall des Odds Ratios für eine Exposition im oberen Tertil versus einer Exposition im unteren Tertil nach dem DWS-Dosismodell 4 ermittelt. In gleicher Weise wurde für Fälle ohne Begleitspondylose und Kontrollen vorgegangen. Die Länge der berechneten Konfidenzintervalle für die unadjustierten Odds Ratios ist nach Goodman und Berlin (1994) ein möglicher Parameter für die Präzision.

Es wurde davon ausgegangen, dass die Analyse in der Hauptstudie mit einer hohen Präzision machbar ist, wenn folgende Gleichung gilt:

$$OR_{oG} / OR_{uG} \leq 2 \quad (1)$$

Dabei ist OR_{oG} die obere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls und OR_{uG} die untere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls. Dies entspricht folgender Differenz der logarithmierten Konfidenzintervallgrenzen:

$$[\ln(OR_{oG}) - \ln(OR_{uG})] \leq 0,69 \quad (2).$$

Eine Analyse wurde als eingeschränkt machbar und mit einer mittleren Präzision einhergehend eingestuft, wenn folgendes gilt:

$$2 < OR_{oG} / OR_{uG} \leq 5 \quad (3).$$

Hier gilt für die Differenz der logarithmierten Konfidenzintervallgrenzen folgendes:

$$0,69 < [\ln (OR_{oG}) - \ln (OR_{uG})] \leq 1,61 \quad (4).$$

Eine Analyse wurde als nicht machbar oder mit einer niedrigen Präzision einhergehend eingestuft, wenn folgendes gilt:

$$OR_{oG} / OR_{uG} > 5 \quad (5).$$

In diesem Fall gilt für die Differenz der logarithmierten Konfidenzintervallgrenzen folgendes:

$$[\ln (OR_{oG}) - \ln (OR_{uG})] > 1,61 \quad (6).$$

Ergebnisse der Machbarkeitsstudie:

Folgende Fall-Kontroll-Studien sind in einer evtl. Hauptstudie mit hoher Präzision machbar:

- Fall-Kontroll-Studien mit Fällen ohne Begleitspondylose versus Kontrollen (sowohl bei Männern als auch bei Frauen).
- Fall-Kontroll-Studie mit Fällen mit Begleitspondylose versus Fälle ohne Begleitspondylose (bei Zusammenfassung von Männern und Frauen).
- Fall-Kontroll-Studien mit Fällen mit Betroffenheit der unteren LWS versus Kontrollen (sowohl bei Männern als auch bei Frauen).
- Fall-Kontroll-Studie mit Fällen mit mehrsegmentalem Schaden versus Kontrollen (nur bei Zusammenfassung von Männern und Frauen).
- Fall-Kontroll-Studie mit Fällen mit monosegmentalem Schaden versus Kontrollen (nur bei Zusammenfassung von Männern und Frauen).

Folgende Fall-Kontroll-Studien sind in einer evtl. Hauptstudie mit mittelgradiger Präzision bedingt machbar:

- Fall-Kontroll-Studie mit männlichen Fällen mit mehrsegmentalem Schaden versus Kontrollen.
- Fall-Kontroll-Studie mit männlichen Fällen mit monosegmentalem Schaden versus Kontrollen.
- Fall-Kontroll-Studie mit männlichen Fällen mit mehrsegmentalem Schaden versus Fällen mit monosegmentalem Schaden.
- Fall-Kontroll-Studie mit weiblichen Fällen mit monosegmentalem Schaden versus Kontrollen.

Folgende Fall-Kontroll-Studien sind in einer evtl. Hauptstudie mit mittelgradiger Präzision bedingt machbar (Fortsetzung):

- Fall-Kontroll-Studie mit weiblichen Fällen mit mehrsegmentalem Schaden versus Fällen mit monosegmentalem Schaden.
- Fall-Kontroll-Studie mit weiblichen Fällen mit stärker oder gleich stark ausgeprägtem HWS-Schaden im Vergleich zur LWS versus Kontrollen.
- Fall-Kontroll-Studie mit Fällen mit mehrsegmentalem Schaden versus Fällen mit monosegmentalem Schaden (nur bei Zusammenfassung von Männern und Frauen).

Folgende Fall-Kontroll-Studien sind in einer evtl. Hauptstudie mit mittelgradiger Präzision bedingt machbar (Fortsetzung):

- Fall-Kontroll-Studie mit Fällen mit stärker oder gleich stark ausgeprägtem HWS-Schaden als im Bereich der LWS versus Kontrollen (nur bei Zusammenlegung von Männern und Frauen).
- Fall-Kontroll-Studie mit Fällen mit schwächer ausgeprägtem HWS-Schaden als im Bereich der LWS versus Kontrollen (nur bei Zusammenfassung von Männern und Frauen).

Alle übrigen Fall-Kontroll-Studien sind nicht oder nur mit geringer Präzision machbar.

Zusammenfassung der Machbarkeitsstudie:

In einer evtl. Hauptstudie ist die Relevanz der Begleitspondylose, der Lokalisation der bandscheibenbedingten Erkrankung im Bereich der LWS, der Anzahl der betroffenen LWS-Segmente sowie der Mitbefall der Halswirbelsäule für die Entwicklung einer bandscheibenbedingten Erkrankung der LWS teilweise mit hoher Präzision machbar, teilweise mit mittelgradiger Präzision, bedingt durchführbar und teilweise nicht machbar oder nur mit geringer Präzision durchführbar.

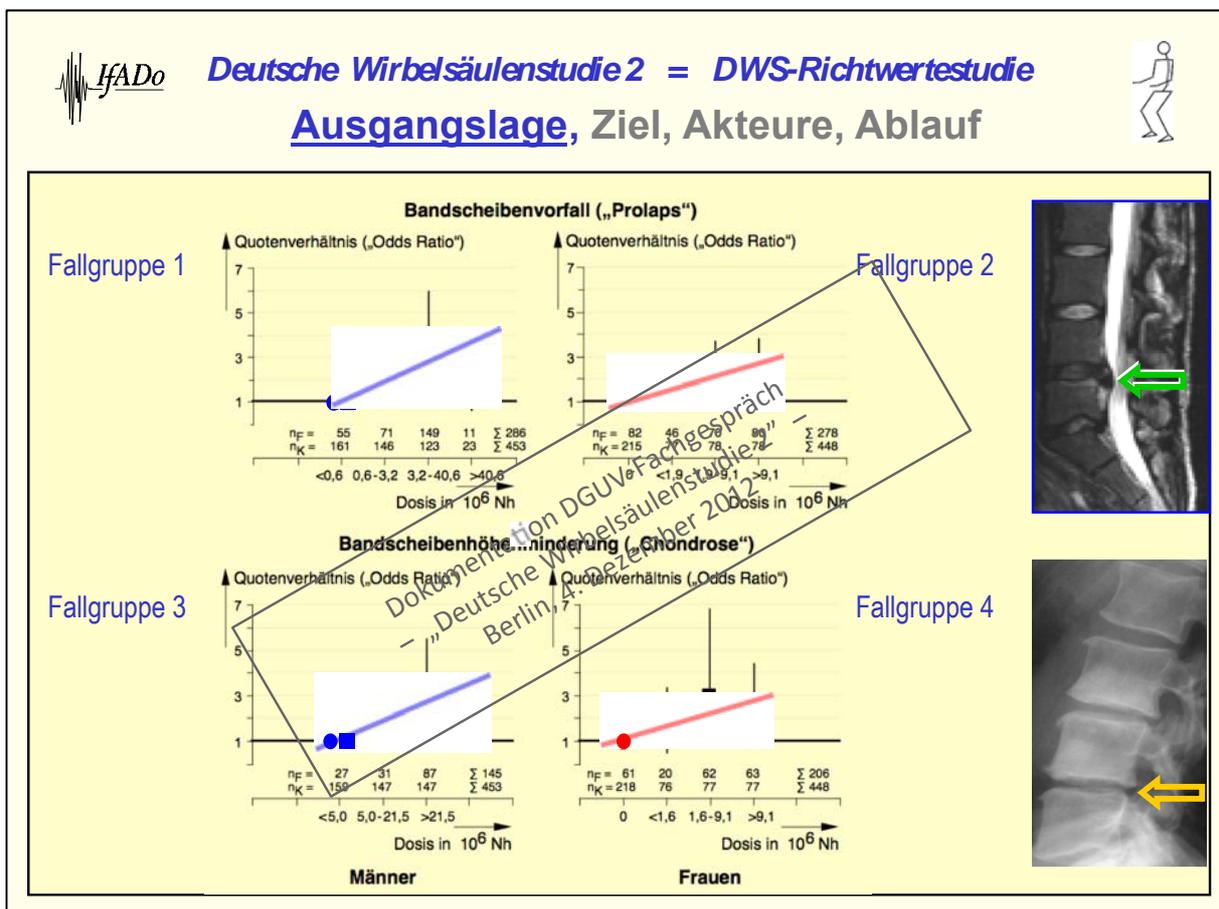
Forschungsprojekt „Erweiterte Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie mit dem Ziel der Ableitung geeigneter Richtwerte (DWS-Richtwerteableitung)“

Überblick über die Studie: Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

PD Dr. Matthias Jäger

Dieser Beitrag gibt einen Überblick zur Ausgangslage, zum (Haupt-)Ziel und zu Teilzielen, zu den eingebundenen Akteuren sowie zum Ablauf der 2. Deutschen Wirbelsäulenstudie, die auf den Erhebungen und daraus abgeleiteten Fragestellungen der Deutschen Wirbelsäulenstudie zu Erkrankungen und Expositionen basiert und daher auch als DWS-Richtwertestudie bezeichnet wird.

Dieser Beitrag hat nicht das vorrangige Ziel, Ergebnisse vorzustellen – dies erfolgt im **Beitrag von A. Seidler**; nichtsdestotrotz werden gegebenenfalls (Teil-)Ergebnisse vorgestellt, um den Ablauf bzw. die Entscheidungsfindung für die weitere Vorgehensweise zu erläutern.



Ausgangslage der DWS 2 – Ergebnis 1 der DWS

Die Deutsche Wirbelsäulenstudie (DWS) ergab für die 4 Fallgruppen (Männer/Frauen mit Prolaps/Chondrose) eine positive Dosis-Wirkungs-Beziehung für die Entwicklung bandscheibenbedingter Erkrankungen im Sinne der BK-Nr. 2108 mit Zunahme der kumulativen Wirbelsäulen-Belastungsdosis über das Berufsleben bis zur Diagnose (Fälle) bzw. Expositionserhebung (Kontrollpersonen aus der Bevölkerung). Die DWS ergab somit für alle 4 Fallgruppen erhöhte Risiken für Wirbelsäulenerkrankungen im Vergleich zur Kontrollgruppe bzw. – verallgemeinert – zur „Allgemeinbevölkerung“.

Die Belastungsdosis der Kontrollen oberhalb der „Unbelasteten“ – dies sind Personen, die a priori definierte Mindest-Expositionsschwellen nicht erreichten – wurde in Tertile eingeteilt, die Fälle entsprechend der derart definierten Expositionskategorien bzw. -grenzen zugeordnet. Ggf. wurden Subgruppen zusammengefasst.

Erläuterungen zur Abbildung:

- 1) Die dargestellten fallgruppenspezifischen Dosiswerte basieren auf dem jeweils best-anpassenden Dosismodell (niedrigster AIC-Wert);
- 2) signifikant erhöhtes Risiko = geschlossenes Symbol; nicht signifikant = offenes Symbol



Deutsche Wirbelsäulenstudie 2 = DWS-Richtwertestudie

Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf



<p>Fallgruppe 1</p> <p>Bestmodell-Schwellen:</p> <p>F_D 2,0 kN α 45° TD 0 kNh KW $\Sigma (F \cdot t)$ LaHa mit Z/S</p>	<p style="transform: rotate(-15deg);"> Dokumentation DGUV-Fachgespräch – „Deutsche Wirbelsäulenstudie 2“ – Berlin, 4. Dezember 2012 </p>	<p>Fallgruppe 2</p> <p>Bestmodell-Schwellen:</p> <p>F_D 2,0 kN α 75° TD 0 kNh KW $\Sigma (F^2 \cdot t)$ LaHa mit Z/S</p>
<p>Fallgruppe 3</p> <p>Bestmodell-Schwellen:</p> <p>F_D 0 kN α 20° TD 0 kNh KW $\Sigma (F^2 \cdot t)$ LaHa mit Z/S</p>		<p>Fallgruppe 4</p> <p>Bestmodell-Schwellen:</p> <p>F_D 0 kN α 20° TD 0 kNh KW $\Sigma (F^2 \cdot t)$ LaHa mit Z/S</p>

Ausgangslage der DWS 2 – Ergebnis 2 der DWS

Die best-anpassenden Dosismodelle für die 4 Fallgruppen der DWS weisen überwiegend verschiedene Eigenschaften bezüglich der Bandscheiben-Druckkräfte (FD; vgl. z. B. FG 1 mit 3), Rumpf-Vorneigungswinkel (α ; vgl. z. B. FG 1 mit 3) und Kraftwichtung (KW; vgl. z. B. FG 1 mit 3);

AUSNAHMEN:

identische Werte für die Eigenschaften Tagesdosis (TD) und Einbeziehung von Lastenhandhabungen außer Heben oder Tragen, d. h. mit Berücksichtigung von Ziehen/Schieben, Fangen/Werfen u. ä. (LaHa)



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

DWS-Teilergebnis:

DWS-
Bestmodell-Schwellen < MDD-Schwellen

	Männer	Frauen
F_D	3,2 kN	2,1 kN
α	90°	90°
TD	5,5 kNh	3,5 kNh
KW	ohne Z/S	ohne Z/S
LaHa	ohne Z/S	ohne Z/S

BSG-Einschätzung:

MDD-Schwellen sind zu hoch
Setzung eigener Schwellen auf MDD-Prinzip
(Männer: F_D 2,7 kN, α 90°, TD 0 kNh, LD 12,5 MNh)

Ausgangslage der DWS 2 – Ergebnis 3 der DWS

Die best-anpassenden Dosismodelle für die 4 Fallgruppen der DWS weisen im Vergleich zum Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) – das auf den Kriterien des BK-Nr. 2108-Merkblattes von 1993 basiert – weniger strenge Kriterien bzgl. der Bandscheiben-Druckkräfte, Rumpf-Vorneigungswinkel und Einbeziehung von Lastenhandhabungen außer Heben oder Tragen auf; identisch ist die quadratische Kraftwichtung mit schichtbezogener Wurzelziehung.

Aufgrund dieser Ergebnisse hat das Bundessozialgericht niedrigere Werte als die MDD-Schwellen zur Anwendung in BK-Verfahren vorgeschlagen (AUSNAHME: 90°) – da der seinerzeitig behandelte Fall eine männliche Person betraf, hat das BSG seine Empfehlung auf Männer bezogen bzw. beschränkt.



Deutsche Wirbelsäulenstudie 2 = DWS-Richtwertestudie



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

Ziel:

- Erweiterte Auswertung von DWS-Daten mit Ziel „Ableitung geeigneter Richtwerte“
- Kombination v. Schwellen zu FD , α , TagDos mit bestangepasster Dosis-Wirkung-Beziehung
- Ableitung der Verdopplungsdosis – Lebensdosis-Richtwert mit $RR = 2$
- Bestimmungsgleichungen f. Bandscheiben-Druckkräfte – erweitert analog MDD

DWS-1-Eigenschaft = DWS-2-Ausgangslage:

- Schwellen in DWS nicht separat, sondern i.d.R. in Kombination variiert (**EINSCHUB**)

Ziel

Während das Ziel (und die Teilziele) der DWS 2 leicht nachvollzogen werden können, soll im Folgenden in einer Art **EINSCHUB** zunächst erläutert werden, dass sich die Dosismodelle der DWS i. d. R. nicht nur bzgl. einer einzigen Eigenschaft (Kriterium/Erhebungsschwelle) unterscheiden, sondern häufig in 2 oder mehr.



Verwendete Schicht-Dosismodelle

Dosismodell		1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rumpfvorneigung											
Druckkraft	m w										
Tagesdosis	m w										
Handhabungen außer Heben oder Tragen											
Wichtung der Druckkraft F_i											

Dokumentation DGUV-Fachgespräch
 – „Deutsche Wirbelsäulenstudie 2“ –
 Berlin, 4. Dezember 2012

* Druckkraftwerte für Hebe- und Tragevorgänge aus „MDD-Schätzgleichungen“

ansonsten: spezifische Berechnungen mit Simulationswerkzeug **Der Dortmunder**

EINSCHUB: Dosismodell 1 vs. Dosismodelle 2-10

In der DWS wurden insgesamt 10 schichtbezogene Dosismodelle (DoMo) verwendet; DoMo 1 nutzte für die Druckkraft-Bestimmung die im MDD für nicht mehr vorhandene Arbeitsplätze empfohlenen „Bestimmungsgleichungen zur Abschätzung“, während die 9 anderen Dosismodelle auf der tätigkeitsspezifischen Anwendung des biomechanischen Simulationswerkzeugs „Der Dortmunder“ beruhen – letzteres dient dem Ziel, die Druckkraft in diesem Forschungsvorhaben so genau wie möglich zu bestimmen, ersteres sollte einen Bezug zur häufig angewendeten BK-Praxis ermöglichen.



Verwendete Schicht-Dosismodelle

Dosismodell		1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rumpfvorneigung		90°									
Druckkraft	m	3,2 kN			<== Dosismodelle 1-3 in Anlehnung an MDD (≈ Kriterien aus BK-Merkblatt)						
	w	2,5 kN									
Tagesdosis	m	5,5 kNh									
	w	3,5 kNh									
Handhabungen außer Heben oder Tragen		nein									
Wichtung der Druckkraft F_i		quad.m.Wurzel $\sqrt{\sum F_i^2}$									

Dokumentation DGVU-Fachgespräch „Deutsche Wirbelsäulenstudie 2“ – Berlin, Dezember 2012

* Druckkraftwerte für Hebe- und Tragevorgänge aus „MDD-Schätzgleichungen“
 ansonsten: spezifische Berechnungen mit Simulationswerkzeug **Der Dortmunder**

EINSCHUB: Dosismodelle 1 bis 3

In der DWS wurden 3 der insgesamt 10 Dosismodelle analog zum MDD definiert, d. h. die Kriterien/Erhebungsschwellen, ob eine Tätigkeit bei der Tagesdosis-Kumulation berücksichtigt werden soll, waren identisch oder ganz ähnlich denen des MDD.

Die Dosismodelle 1 und 2 unterschieden sich lediglich in der Art der Druckkraft-Bestimmung (DoMo 1: Schätzgleichungen; DoMo 2: via „Der Dortmunder“).

Die Dosismodelle 2 und 3 unterschieden sich lediglich in der Nicht-Berücksichtigung bzw. Einbeziehung von Hebe-Trage-komplementären Tätigkeiten wie Ziehen/Schieben oder ähnliches.



EINSCHUB: Deutsche Wirbelsäulenstudie – DWS 1



Verwendete Schicht-Dosismodelle

Dosismodell		1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rumpfvorneigung		90°			20°						
Druckkraft	m	3,2 kN			alle Werte	<== Dosismodell 4 „liberalstes“ Modell: Einbeziehung „aller“ dokumentierten Belastungsvorgänge					
	w	2,5 kN									
Tagesdosis	m	5,5 kNh			alle Werte						
	w	3,5 kNh									
Handhabungen außer Heben oder Tragen		nein			ja (+Ziehen, *Schieben, Werfen ...)						
Wichtung der Druckkraft F_i		quadratisch mit Wurzelbildung $\sqrt{\sum F_i^2}$									

* Druckkraftwerte für Hebe- und Tragevorgänge aus „MDD-Schätzgleichungen“

ansonsten: spezifische Berechnungen mit Simulationswerkzeug **Der Dortmunder**

EINSCHUB: Dosismodell 4

Das Dosismodell 4 weist vergleichsweise wenig rigide Kriterien auf, d. h. es wurden alle in der TAD-Erhebung protokollierten „belastungsintensiven Körperhaltungen“ (ohne Lastenhandhabung) einbezogen – mit Ausnahme aufrechtem Oberkörper; zudem wurden alle Lastenhandhabungen, sofern sie im TAD-Erhebung protokolliert wurden (ab ca. 5 kg Lastgewicht), einbezogen sowie alle Tagesdosen und alle Arten von Lastenhandhabung.



Verwendete Schicht-Dosismodelle

Dosismodell		1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rumpfvorneigung		90°			20°	45°	75°				
Druckkraft	m	3,2 kN			alle Werte	2,0 kN					
	w	2,5 kN									
Tagesdosis	m	5,5 kNh			alle Werte	alle Werte					
	w	3,5 kNh									
Handhabungen außer Heben oder Tragen		nein		ja (+Ziehen, Schieben, Werfen ...)		ja (+Ziehen, Schieben, Werfen ...)					
Wichtung der Druckkraft F_i		quadratisch mit Wurzelbildung $\sqrt{\sum F_i^2}$									

* Druckkraftwerte für Hebe- und Tragevorgänge aus „MDD-Schätzgleichungen“
 ansonsten: spezifische Berechnungen mit Simulationswerkzeug **Der Dortmunder**

EINSCHUB: Dosismodell 5 vs. 6

Die Dosismodelle 5 und 6 weisen weder besonders rigide Kriterien auf (45°, 2 kN), noch sind die Kriterien so niederschwellig wie in DoMo 4 (außer Tagesdosis: auch ohne Schwelle). Diese beiden Dosismodelle unterscheiden sich lediglich bzgl. der Rumpfvorneigungsschwelle für belastungsintensive Körperhaltungen (ohne Lastenhandhabung), die anderen Eigenschaften sind identisch.



EINSCHUB: Deutsche Wirbelsäulenstudie – DWS 1



Verwendete Schicht-Dosismodelle

Dosismodell		1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rumpfvorneigung		90°			20°	45°	75°	45°			
Druckkraft	m	3,2 kN			alle Werte	2,0 kN		2,0 kN			
	w	2,5 kN									
Tagesdosis	m	5,5 kNh			alle Werte			alle Werte			
	w	3,5 kNh									
Handhabungen außer Heben oder Tragen		nein		ja (+Ziehen, Schieben, Werfen ...)				ja (+Ziehen, Schieben, Werfen ...)			
Wichtung der Druckkraft F_i		quadratisch mit Wurzelbildung $\sqrt{\sum F_i^2}$					F_i	F_i^3	F_i^4	F_i^2	

* Druckkraftwerte für Hebe- und Tragevorgänge aus „MDD-Schätzgleichungen“

ansonsten: spezifische Berechnungen mit Simulationswerkzeug **Der Dortmunder**

EINSCHUB: Dosismodelle 7 bis 10

Die Dosismodelle 7 bis 10 weisen – wie das zugrundeliegende DoMo 5 – weder besonders rigide Kriterien auf (45°, 2 kN), noch sind die Kriterien so niederschwellig wie in DoMo 4 (außer Tagesdosis: auch ohne Schwelle). Diese 4 Dosismodelle sind bzgl. der Schwellen identisch mit denen von DoMo 5, sie unterscheiden sich lediglich bzgl. der Wichtung der Druckkräfte eines jeden Vorgangs relativ zur Vorgangsdauer sowie der nicht durchgeführten Wurzelziehung; demzufolge ist die physikalische Einheit jeweils verschieden, was die Einordnung der Ergebnisse erschwert – da dies eine neuartige Gruppe von Modellen darstellt und somit Bezugswerte als Referenz fehlen: Beim linearen DoMo 7 ist die Einheit Ns, beim kubischen DoMo 8 ist es N³s, beim tetradischen DoMo 9 N⁴s und beim quadratischen DoMo 10 ohne Radizierung N²s.

Insgesamt ist aus diesem EINSCHUB zu Dosismodellen der DWS zu folgern, dass sich die jeweiligen Eigenschaften i. d. R. in mehr als 1 Aspekt unterscheiden: Beispielsweise unterscheiden sich DoMo 1 und 7 in allen sechs Aspekten (Druckkraft-Berechnungsprinzip, Rumpf-Vorneigungs-, Druckkraft-, Tagesdosis-Schwellen, Arten d. Lastenhandhabung, Druckkraft-Wichtung), die Dosismodelle 2 und 4 in vier (Rumpf-Vorneigungs-, Druckkraft-, Tagesdosis-Schwellen, Lastenhandhabungsarten) und die Dosismodelle 4 und 5 in zweien (Rumpf-Vorneigungs- und Druckkraft-Schwellen), während sich die Dosismodelle 1 und 2 oder auch 5 und 6 in nur einem Aspekt unterscheiden.



Deutsche Wirbelsäulenstudie 2 = DWS-Richtwertstudie



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

Forschungszentren:

Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus der TU Dresden mit Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Berlin	A. Seidler (Forschungsleiter), E. Haufe, S. Jähnichen U. Euler, N. Kersten
Institut für Medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg	J. Haerting, A. Bergmann, O. Kuss
Institut für Epidemiologie und Risikobewertung in der Arbeitswelt- IERA, Evonik Services, Essen	P. Morfeld
Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund – IfADo	M. Jäger, C. Jordan, A. Luttmann, J. Voß

Kooperationspartner:

Regierungspräsidium Darmstadt, Abt. Arbeitsschutz und Umwelt, Dezernat Landesgewerbeamt, Wiesbaden	U. Bolm-Audorff, G. Petereit-Haack
Institut für Arbeitsschutz der DGUV – IFA, Referat Arbeitswissenschaft, Ergonomie, Sankt Augustin	R. Ellegast, D. Ditschen, N. Lundershausen
Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution – BGHW, Mannheim	K. Schäfer

Akteure der DWS 2

Die an der DWS 2 beteiligten Akteure lassen sich zwei Gruppen zuordnen: „Forschungszentren“ mit finanzieller Förderung durch die DGUV sowie „Kooperationspartner“ ohne externe finanzielle Förderung.

Im Vergleich zur DWS sind die Gruppen in Essen und Mannheim dazugekommen (nicht beteiligt waren in der DWS 2 die in der DWS eingebundenen Gruppen in Frankfurt a.M., Freiburg und Regensburg).



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

Ziel:

- Erweiterte Auswertung von DWS-Daten mit Ziel „Ableitung geeigneter Richtwerte“
- Kombination v. Schwellen zu F_D , α , TagDos mit bestangepasster Dosis-Wirkung-Beziehung
- Ableitung der Verdopplungsdosis – Lebensdosis-Richtwert mit $RR = 2$
- Bestimmungsgleichungen f. Bandscheiben-Druckkräfte – erweitert analog MDD

DWS-1-Eigenschaft = DWS-2-Ausgangslage:

- Schwellen in DWS nicht separat, sondern i.d.R. in Kombination variiert (EINSCHUB)

Prinzipielle Vorgehensweise:

- Schwellen zu F_D , α , TagDos separat variieren
(ausgehend von einem zu definierendem „Grundmodell“)
- jeweilig bestangepasste Schwellen zu F_D , α , TagDos identifizieren
- daraus „Kombinationsmodelle“ mit bestangepasster Dosis-Wirkung-Beziehung definieren

Vor-Bedingungen:

- !! Zusammenhangsanalysen nicht auf Basis „klassierter“ Dosiswerte (wie DWS1)
sondern auf Basis „kontinuierlicher“ Dosiswerte (DWS2)
- ? Kraft-zu-Zeit-Wichtung linear oder quadratisch ? (EINSCHUB)
- ? Schwellenwerte: „Vollwert-Berücksichtigung“ oder anteilig ? (EINSCHUB)
(„Schwellwert-Überschuss“, „Basiswert-Abzug“)

Ablauf

Während die prinzipielle Vorgehensweise der DWS 2 sowie die 1. „Vor-Bedingung“ leicht nachvollzogen werden können, sollen im Folgenden mit Hilfe von **2 EINSCHÜBEN** zunächst zwei weitere Vor-Bedingungen der DWS 2 erläutert werden.



DWS2 – EINSCHUB: Vor-Bedingung „Kraftwichtung“



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

Dosismodell		1*	2	3	4	6	8	9	10	
Rumpfvorneigung		90°			20°		75°	45°		
Druckkraft	m	3,2 kN			alle Werte		2,0 kN	2,0 kN		
	w	2,5 kN								
Tagesdosis	m	5,5 kNh			alle Werte		alle Werte	alle Werte		
	w	3,5 kNh								
Handhabungen außer Heben oder Tragen		nein					+Z/S	+Z/S		
EINSCHUB:					$\sqrt{\sum F_i^2}$		$\sqrt{\sum F_i^2}$	F_i^3	F_i^4	F_i^2
Kraft-zu-Zeit-Wichtung										
linear oder quadratisch ?										

EINSCHUB – Kraftwichtung

Die „Grundsatzfrage“, ob die Druckkraft bei der Dosiskumulation linear, d. h. mit gleicher Wichtung wie die Vorgangsdauer eingehen soll oder quadratisch – entsprechend dem höheren Schädigungspotential hoher Kräfte –, basiert auf der Tatsache, dass die in der DWS identifizierten best-anpassenden Dosismodelle zwar in 3 Fallgruppen eine quadratische Wichtung aufwiesen, bei einer Fallgruppe aber eben auch eine lineare.



DWS-2-Frage: Kraft-zu-Zeit-Wichtung linear oder quadratisch ?

Tabelle 5.1.1.-1: AIC-Werte für lineare (DM 7) versus quadratische (DM 5) Wichtung

Dosismodell	FG1*			FG2#	
	Polynome 3. Grades	lokale Regressionsanalyse	fraktionale Polynome 2. Grades	Polynome 3. Grades	Polynome 2. Grades
DoMo 2 MDD	971,0	961,0	960,1	975,2	961,4
	(Kat.§: 960,6)				
DoMo 5	951,4	942,1	946,9	961,4	946,9
	(Kat.§: 945,7)				
DoMo 7	976,3	948,1	950,3	968,8	946,9
	(Kat.§: 943,0)				
	(Kat.§: 956,1)				

Beispiel Fallgruppe 1:
 Höhere Anpassungsgüte für Dosismodell 5 (quadratisch)
 siehe
 AIC (DoMo 5) < AIC (DoMo 7)

* adjustiert für ALT_KT, ZENTRUM, BMI_KT, GK1K_KT, GICHT, SCHEUER (Basisconfounder)
 # adjustiert für ALT_KT, ZENTRUM, GK1_KT (Basisconfounder)
 § zum Vergleich: AIC-Wert für kategorisierte Variable gemäß DWS-Endbericht

EINSCHUB – Kraftwichtung

Die oben erläuterte Grundsatzfrage wurde anhand der Dosismodelle 5 und 7 geprüft, die sich nur bzgl. der Druckkraft-Wichtung unterscheiden und ansonsten identische Eigenschaften aufweisen; als Referenz ist auch das „Original-MDD“ – Dosismodell 2 – miteinbezogen worden. Als Modelle zur Beschreibung des jeweiligen Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs auf Basis der „kontinuierlichen Dosiswerte“ (s. dazu 1. Vor-Bedingung) wurden „natürliche“ Polynome 3. Grades, die lokale Regressionsanalyse sowie fraktionale Polynome 2. Grades angewendet; als Referenz ist auch die „kategorisierte Auswertung“ auf Basis der terzilierten Dosiswerte miteinbezogen worden.



DWS-2-Frage: Kraft-zu-Zeit-Wichtung linear oder quadratisch ?

Tabelle 5.1.1.-1: AIC-Werte für lineare (DM 7) versus quadratische (DM 5) Wichtung

Dosismodell	FG1*			FG2*			FG 3*			FG 4*		
	Polynome 3. Grades	lokale Regressionsanalyse	fraktionale Polynome 2. Grades	Polynome 3. Grades	lokale Regressionsanalyse	fraktionale Polynome 2. Grades	Polynome 3. Grades	lokale Regressionsanalyse	fraktionale Polynome 2. Grades	Polynome 3. Grades	lokale Regressionsanalyse	fraktionale Polynome 2. Grades
DM 2 („MDD“)	971,0	961,0	960,1	975,2	990,4	960,0	642,6	639,6	638,5	743,2	746,8	739,3
	(Kat. §: 960,6)			(Kat. §: 974,2)			(Kat. §: 642,8)			(Kat. §: 743,0)		
DM 5	951,4	942,1	946,9	961,4	954,4	953,1	632,4	627,3	627,6	726,0	723,3	718,3
	(Kat. §: 945,7)			(Kat. §: 953,1)			(Kat. §: 622,7)			(Kat. §: 726,8)		
DM 7	976,3	948,1	950,3	968,8	956,9	953,1	635,8	634,5	627,6	736,1	726,6	722,2
	(Kat. §: 943,0)			(Kat. §: 956,1)			(Kat. §: 635,2)			(Kat. §: 729,7)		

$\Delta AIC = AIC(DoMo7) - AIC(DoMo5)$

≈ **25 6 3 | 7 3 0,2 | 3 7 0 | 10 3 4**

Folgerung: quadratische Kraft-zu-Zeit-Wichtung angemessener.

EINSCHUB – Kraftwichtung

Die Prüfung der Grundsatzfrage „lineare **oder** quadratische Druckkraft-Wichtung“ ergab eindeutige Ergebnisse:

Bei allen Auswertungsprinzipien zu kontinuierlichen Daten und allen Fallgruppen war die Anpassungsgüte bei quadratischer Druckkraft-Wichtung höher (oder bei niedrigen AIC-Differenzen zumindest nicht schlechter), umgekehrt ließ sich bei keiner Konstellation eine höhere Anpassungsgüte bei linearer Wichtung finden. Bei kategorisierter Auswertung fand sich bei den Fallgruppen 3 und 4 eine höhere Anpassungsgüte bei linearer Wichtung.

Folgerung:

Die quadratische Kraft-zu-Zeit-Wichtung wurde als angemessener eingeschätzt und diese überproportionale Druckkraft-Wichtung für alle weiteren Analysen der DWS 2 eingesetzt.



DWS-2-Frage:	Schwellenwerte:	„Vollwert-Berücksichtigung“ <i>analog DWS1 + MDD</i>
... oder anteilig ?	Ansatz „A“:	„Schwellwert-Überschuss“ <i>nur Anteile oberhalb Schwellwert sind risikobehaftet</i>
	Ansatz „B“:	„Basiswert-Abzug“ <i>in Zeiten ohne relevante Belastung existiert „Grundlast“</i>

EINSCHUB – Schwellenwertbehandlung

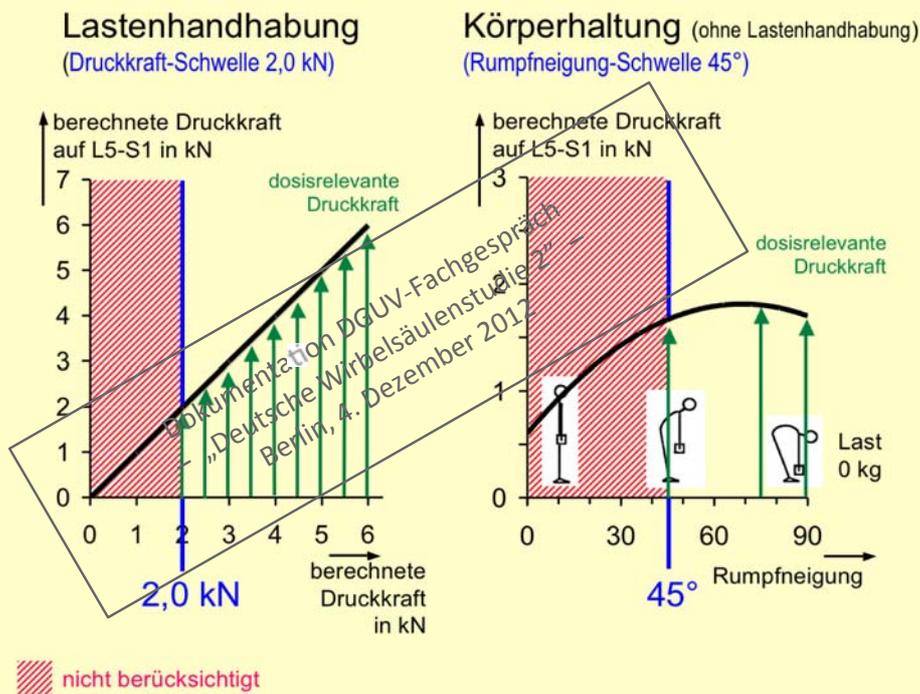
Eine weitere „Grundsatzfrage“, ob die Druckkraft bei der Dosiskumulation mit seinem vollen Wert oder nur anteilig (s. Erläuterungen der Ansätze A und B) eingehen soll, wurde ebenso vor der Entwicklung und Prüfung von Dosismodellen (mit separater Variation der Schwellenwerte) hinterfragt

=> siehe nächster EINSCHUB.



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

DoMo 5
**„Vollwert-
 Ansatz“**
 analog
DWS 1



EINSCHUB – Schwellenwertbehandlung

Anhand dieser Diagramme wird der „Vollwert-Ansatz“, wie er eher bisher üblich war, erläutert – in dieser Art werden die Bandscheiben-Druckkräfte sowohl im MDD als auch in der DWS berücksichtigt: Wenn die Druckkraft in die Dosiskumulation eingeht, dann mit dem „vollen Wert“.

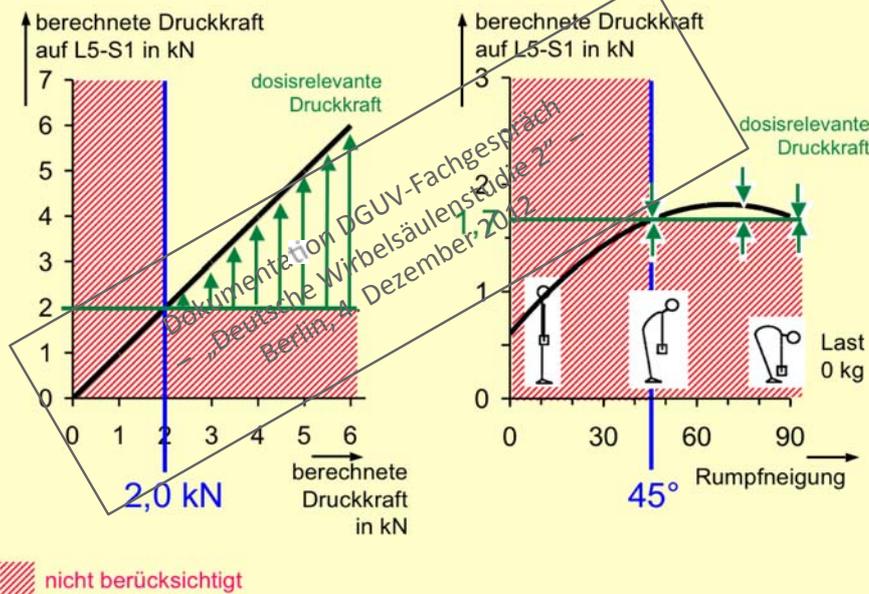


Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

DoMo 5
Ansatz A:
Schwellwert-Überschuss

Lastenhandhabung
 (Druckkraft-Schwelle 2,0 kN)

Körperhaltung (ohne Lastenhandhabung)
 (Rumpfneigung-Schwelle 45° entspricht 1,7 kN)



EINSCHUB – Schwellenwertbehandlung

Anhand dieser Diagramme wird Ansatz A erläutert, bei dem „nur“ der Anteil oberhalb des Schwellenwertes in die Dosiskumulation eingeht: Bei Lastenhandhabungen ist dies der Druckkraft-Anteil oberhalb der Druckkraft-Schwelle, bei belastungsintensiven Körperhaltungen (ohne Lastenhandhabung) der Druckkraft-Anteil oberhalb demjenigen Wert, der der Rumpfvorneigungs-Schwelle entspricht.

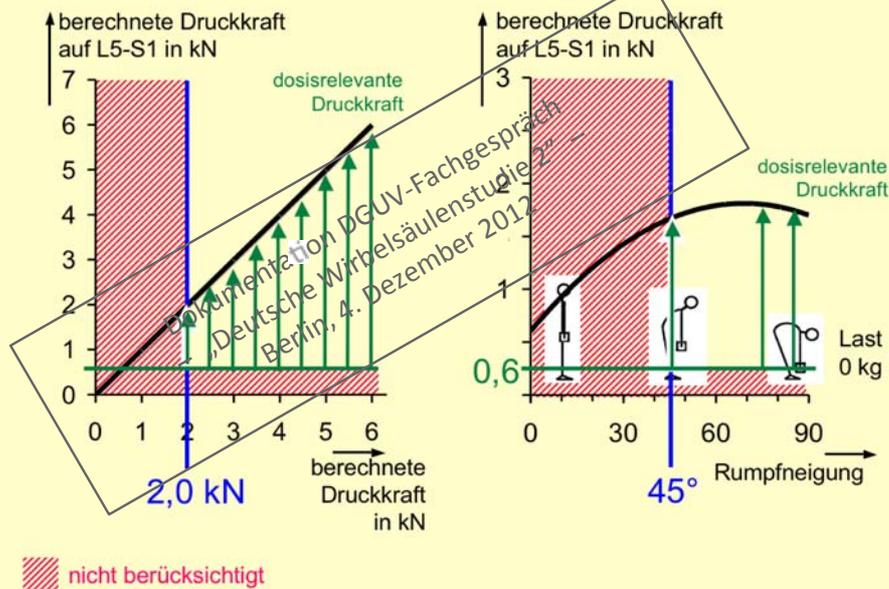


Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

DoMo 5
Ansatz B:
Basiswert-
Abzug

Lastenhandhabung
(Druckkraft-Schwelle 2,0 kN)

Körperhaltung (ohne Lastenhandhabung)
(Rumpfneigung-Schwelle 45°)



EINSCHUB – Schwellenwertbehandlung

Anhand dieser Diagramme wird Ansatz B erläutert, bei dem „nur“ der Anteil oberhalb des „Basiswertes“ der Druckkraft, die beim Stehen ohne Last bewirkt wird, in die Dosiskumulation eingeht: Sowohl bei Lastenhandhabungen als auch bei belastungsintensiven Körperhaltungen (ohne Lastenhandhabung) wird vom jeweiligen tätigkeitsspezifischen Druckkraftwert der „Basiswert“ von etwa 0,6 kN abgezogen.



ERGEBNIS dieser „1. Sensitivitätsanalyse“

Keine verbesserte Anpassungsgüte

der Ansätze A und B

=> weiterhin „Vollwert-Ansatz“



Ablauf

Prinzipielle Vorgehensweise:

- **Schwellen** zu FD, α , TagDos **separat** variieren
(ausgehend von einem zu definierendem „Grundmodell“)
- jeweilig bestanpassende Schwellen zu FD, α , TagDos identifizieren
- daraus „**Kombinationsmodelle**“ mit bestanpassender Dosis-Wirkung-Beziehung definieren

Ende EINSCHÜBE

Während zuvor mit Hilfe von 2 EINSCHÜBEN zunächst zwei besondere Vor-Bedingungen der DWS 2 erläutert wurden, wird im Folgenden die prinzipielle Vorgehensweise der DWS 2 bei der Entwicklung und Prüfung von Dosismodellen (hinsichtlich der Anpassungsgüte der Dosis-Wirkungs-Beziehung) mit separater Variation der Eigenschaften beschrieben.

Um dieses Vorhaben anzugehen, galt es zunächst, ein „Grundmodell“, das als Basis für die separate bzw. sequenzielle Variation der verschiedenen Eigenschaften dienen sollte, auszuwählen; dieses Procedere wird anhand der folgenden beiden Folien skizziert.

=> **Auswahl eines „Grundmodells“**



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

Dosismodell		1*	2	3	4	5	6	8
Rumpfvorneigung		90°			20°	45°	75°	
Druckkraft	m	3,2 kN			alle Werte	2,0 kN		
	w	2,5 kN						
Tagesdosis	m	5,5 kNh			alle Werte			
	w	3,5 kNh						
Handhabungen außer Heben oder Tragen		nein			ja	+Z/S		
					$\sqrt{\sum F_i^2}$		F_i^3	

Auswahl eines Grundmodells:

Kriterium: „bestanpassend“ in DWS1 in mindestens 1 Fallgruppe und quadratische Kraftwichtung

Dokumentation DGUV-Fachgespräch
 – „Deutsche Wirbelsäulensysteme 2“ –
 Berlin, 4. Dezember 2012

Ablauf – Auswahl eines „Grundmodells“

Für die Auswahl des Grundmodells kamen zunächst die 5 Dosismodelle infrage, die in der DWS in zumindest einer der 4 Fallgruppen zu den best-anpassenden gehörten, d. h. entweder das Dosismodell mit der höchsten Anpassungsgüte (= mit dem niedrigsten AIC-Wert) oder eines der davon statistisch nicht unterscheidbaren Dosismodelle:

Fallgruppe 1: DoMos 7 und 10, Fallgruppe 2: DoMos 6 und 9,
 Fallgruppe 3: DoMo 4, Fallgruppe 4: DoMos 4 und 6.

Zwei weitere Kriterien waren die AIC-Differenz eines Dosismodells zum Dosismodell mit der höchsten Anpassungsgüte sowie möglichst mittlere Schwellenwerte, die eine Variation der jeweiligen Eigenschaft in beide Richtungen erlaubte.

Aufgrund der zuvor entschiedenen Grundsatzfrage zur Kraft-zu-Zeit-Wichtung mit dem Ergebnis, eine quadratische Wichtung anzuwenden, schieden die DoMos 7, 9 und 10 als mögliches Grundmodell aus, die anderen 3 Dosismodelle (4 bis 6) wurden dann hinsichtlich der Anpassungsgüte geprüft.



Auswahl eines Grundmodells (aus DoMo 4, 5, 6)

Tabelle 5.1.2.-1: AIC-Werte für die drei bei quadratischer Wichtung der Druckkraft möglichen Grundmodelle DM 4, 5 und 6

Dosismodell	FG1*			FG2*			FG3*			FG4*		
	Polynome 3. Grades	lokale Regressionsanalyse	fraktionale Polynome 2. Grades	Polynome 3. Grades	lokale Regressionsanalyse	fraktionale Polynome 2. Grades	Polynome 3. Grades	lokale Regressionsanalyse	fraktionale Polynome 2. Grades	Polynome 3. Grades	lokale Regressionsanalyse	fraktionale Polynome 2. Grades
DM 4	947,7	943,6	944,8	956,7	952,3	951,7	629,2	625,1	626,1	724,0	722,5	718,9
		(Kat.§: 950,1)			(Kat.§: 958,0)			(Kat.§: 628,1)			(Kat.§: 726,1)	
DM 5	951,4	942,1	946,9	961,4	954,4	952,3	632,4	627,3	627,6	726,0	723,3	718,3
		(Kat.§: 945,7)			(Kat.§: 958,3)			(Kat.§: 632,7)			(Kat.§: 726,9)	
DM 6	955,9	941,7	947,5	965,8	955,3	953,3	634,1	628,2	629,3	729,9	726,5	722,1
		(Kat.§: 949,9)			(Kat.§: 956,2)			(Kat.§: 632,0)			(Kat.§: 723,9)	

* adjustiert für ALT_KT, ZENTRUM, BMI_KT, GK1K_KT, GICHT, SCHEUER (Basisconfounder)

* adjustiert für ALT_KT, ZENTRUM, GK1_KT (Basisconfounder)

§ zum Vergleich: AIC-Wert für kategorisierte Variable gemäß DWS-Endbericht

AIC min

Ergebnis: nach AIC-Kriterien DoMo 4 zu favorisieren (! α 20°!)

aber: DoMo 5 bietet α -Variationsmöglichkeit nach oben und unten.

Folgerung: **Dosismodell 5** (2,0 kN / 45° / 0 kNh / + Z/S) = **Grundmodell**

Ablauf – Auswahl eines „Grundmodells“

Wie bei der Prüfung der Kraftwichtung wurden als Modelle zur Beschreibung des jeweiligen Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs auf Basis der „kontinuierlichen Dosiswerte“ (s. dazu 1. Vor-Bedingung) „natürliche“ Polynome 3. Grades, die lokale Regressionsanalyse sowie fraktionale Polynome 2. Grades angewendet; als Referenz ist auch die „kategorisierte Auswertung“ auf Basis der terzilierten Dosiswerte miteinbezogen worden.

ERGEBNIS:

Obwohl das Dosismodell 4 in der überwiegenden Zahl der Prüfungen die niedrigsten AIC-Werte aufwies, wurde entsprechend dem Kriterium „möglichst mittlere Schwellen“ Dosismodell 5 als Grundmodell gewählt.



Separate Schwellenvariation (ausgehend vom Grundmodell: DoMo 5 von DWS1)

	Grundmodell und (getrennt voneinander variierte) alternative Schwellenwerte								<i>Modellgruppe 5</i> „BSG-Modell“
<i>Modellgruppe 1</i> Tagesdosis [kNh]	<u>0</u>	2	3	4	5	6	8	10	0
<i>Modellgruppe 2</i> Druckkraft [kN]	<u>2</u>	2¼	2½	2¾	3	3¼			2,7 (für Männer)
<i>Modellgruppe 3</i> Rumpfvorneigung [°]	20	<u>45</u>	75	90					
<i>Modellgruppe 4</i> Ziehen/Schieben u. a.	ohne	<u>mit</u>							ohne

Ablauf – Separate Variation von Schwellen – 5 Modellgruppen

Diese Darstellung in Anlehnung an eine Tabelle des Antrags zeigt, dass die verschiedenen Eigenschaften des Grundmodells – dies ist, wie zuvor erläutert, das Dosismodell 5 der DWS mit den in Fettdruck hervorgehobenen Eigenschaften – innerhalb von 5 Modellgruppen separat variiert wurden:

in **Modellgruppe 1** die Tagesdosischwelle von 0 kNh bis hin zu 10 kNh,

in **Modellgruppe 2** die Druckkraftschwelle bei Lastenhandhabungen von 2 kN bis 3¼ kN,

in **Modellgruppe 3** die Rumpfvorneigungs-Schwelle bei belastungs-intensiven Körperhaltungen (ohne Lastenhandhabung) von 20° bis 90°,

in **Modellgruppe 4** das optionale Einbeziehen von Hebe-Trage-komplementären Lastenhandhabungen wie Ziehen oder Schieben sowie

in **Modellgruppe 5** die Gegenüberstellung des Grundmodells mit dem vom BSG für Männer empfohlenen „BSG-Modells“.



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

Modellgruppe	Dosismodell Nr.	Schwelle Tagesdosis	Schwelle Druckkraft	Schwelle Rumpfvorneigung	Ziehen/Schieben Fangen/Werfen Kraftaufwendung
1	101	0 kNh	2,0 kN	45°	mit
	102	2,0 kNh			
	103	3,0 kNh			
	104	4,0 kNh			
	105	5,0 kNh			
	106	6,0 kNh			
	107	8,0 kNh			
	108	10,0 kNh			
2	101	0 kNh	2,0 kN	45°	mit
	109		2 ¼ kN		
	110		2 ½ kN		
	111		2 ¾ kN		
	112		3,0 kN		
	113		3 ¼ kN		
3	114	0 kNh	2,0 kN	20°	mit
	101			45°	
	115			75°	
	116			90°	
4	117	0 kNh	2,0 kN	45°	ohne
	101				mit
5	118 (M)	0 kNh	2,7 kN	90°	ohne
	101				2,0 kN

Separate Schwellenvariation

Grundmodell
DoMo 5 (DWS1)
= DoMo 101 (DWS2)

DWS 2:

18 „100er Modelle“
Nr. 101-118

zur eindeutigen
Unterscheidung
zur DWS 1:

Modelle Nr. 1-10

Ablauf – Separate Variation von Schwellen – 5 Modellgruppen

Auch diese Darstellung illustriert die separate Variation der verschiedenen Eigenschaften, ausgehend vom Grundmodell, in den 5 Modellgruppen. Um eine eindeutige Unterscheidung der Ergebnisse der DWS 2 von denen der DWS (=DWS 1) zu ermöglichen, wurde eine Modellnummerierung ab 101 – dies entspricht dem Grundmodell mit den Eigenschaften wie das Dosismodell 5 der DWS 1 – bis zu 118 gewählt. Anhand dieser Darstellung wird auch deutlich, dass das Grundmodell 101 zu allen 5 Modellgruppen gehört.



Anpassungsgüte der 18 Dosismodelle (Grundmodell: DoMo 101)

Variation	Schwellenwert	Modell	FG 1		FG 2		FG 3		FG 4	
			fc3	fc4	fc3	fc4	fc3	fc4	fc3	fc4
MG 1 (TagDos)	2,0 kNh	1 _D_102k	939,3	937,7	960,3	960,3	617,0	615	718,7	718
	3,0 kNh	1 _D_103k	944,3	942,7	962,8	963,3	624,1	625	721,6	720
	4,0 kNh	1 _D_104k	945,1	942,7	967,5	968,3	625,1	627	729,7	729
	5,0 kNh	1 _D_105k	944,0	942,7	968,1	971,3	623,4	624	735,1	737
	6,0 kNh	1 _D_106k	955,3	956,7	972,9	975,3	627,5	627	738,4	739
	8,0 kNh	1 _D_107k	967,1	969,7	970,3	972,3	632,8	635	736,1	738
MG 2 (FD)	2,25 kN	2 _D_109k	944,3	943,7	946,7	944,3	620,5	621	717,0	718
	2,5 kN	2 _D_110k	945,1	943,7	946,3	943,3	619,7	620	717,2	717
	2,75 kN	2 _D_111k	944,6	942,7	947,7	944,3	617,8	619	717,9	718
	3,0 kN	2 _D_112k	946,0	943,7	948,0	944,3	617,9	618	719,6	718
MG 3 (α)	5°	3 _D_101k	943,7	942,7	948,0	945,3	620,6	621	716,6	717
	5°	3 _D_115k	948,0	942,7	947,7	944,3	622,4	622	717,8	718
	7°	2 _D_116k	947,1	942,7	954,1	951,3	622,5	620	716,0	716
MG 4 (Z/S)										
MG 5 (BSG)										

Januar 2011

Ablauf – Separate Variation von Schwellen – 5 Modellgruppen

In dieser Tabelle ist die Anpassungsgüte der 18 Dosismodelle der 5 Modellgruppen (MG) für die 4 Fallgruppen (FG) anhand der AIC-Werte dargestellt, wobei jeweils 2 Arten von Beschreibungsmodellen des jeweilig zu prüfenden Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs angewendet wurden: fraktionale Polynome 2. und 4. Grades. Eine farbige Unterlegung einer Tabellenzelle verdeutlicht einen statistisch gesicherten Zusammenhang, die jeweils beste Anpassung ist durch Fettdruck und höhere Farbsättigung illustriert.

Die Ergebnisse zu MG1 zeigen, dass ab einem gewissen Schwellenwert die Anpassungsgüte „abreißt“, d. h. bei noch höherem Schwellenwert existiert kein Modell mit signifikantem Zusammenhang. Dieses Verhalten wurde auch mit dem Begriff „Trennschärfe“ der Modelle in MG1 belegt.

Ein solches Verhalten ist in MG2 nicht zu erkennen: bis zur höchsten geprüften Druckkraft-Schwelle sind die Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge statistisch gesichert.



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

Modellgruppe	Dosismodell Nr.	Schwelle Tagesdosis	Schwelle Druckkraft	Schwelle Rumpfvorneigung	Ziehen/Schieben Fangen/Werfen Kraftaufwendung
1 erweitert	101	0 kNh			
	201	0,5 kNh			
	202	1,0 kNh			
	102	2,0 kNh			
	103	3,0 kNh	2,0 kN	45°	mit
	104	4,0 kNh			
	105	5,0 kNh			
	106	6,0 kNh			
	107	8,0 kNh			
108	10,0 kNh				
2 erweitert	101		2,0 kN		
	109		2 ½ kN		
	110		2 ½ kN		
	111		2 ½ kN		
	112		3,0 kN		
	113		3 ½ kN		
	203	3 kNh	3 ½ kN	45°	mit
	204		4,0 kN		
	205		4 ½ kN		
	206		5,0 kN		
	207		5 ½ kN		
	208		6,0 kN		
209		7,0 kN			
210		8,0 kN			
211		10,0 kN			
212		12,0 kN			

Separate Schwellenvariation
Grundmodell: DoMo 101

18 „100er Modelle“
+ 12 „200er Modelle“
201+202:
+ 2 Tagesdosis-Schwellen

203-212:
+ 10 Druckkraft-Schwellen
(willkürlich bis 12 kN,
„um sicher zu gehen“)

Dokumentation DGUV-Fachgespräch
„Deutsche Wirbelsäulensstudie 2“
Berlin, 4. Dezember 2012

Mai 2011

Ablauf – Separate Variation von Schwellen – 2 Erweiterungen

Das zuvor erläuterte Verhalten in MG2 führte zur Erweiterung dieser Modellgruppe, d. h. es wurden nachfolgend auch Dosismodelle mit höherer Druckkraft-Schwelle (ab 3½ bis hin zu 12,0 kN) geprüft. Zudem wurden für MG1 zwei weitere Dosismodelle definiert, die eine Tagesdosis-Schwelle zwischen der niedrigsten (0 kNh) und der zweitniedrigsten (2,0 kNh) der bisher berücksichtigten Schwellenwerte aufweisen (0,5 bzw. 1,0 kNh). Letzteres Vorgehen leitete sich davon ab, dass bspw. in Fallgruppe 2 nur für das Grundmodell ein signifikanter Zusammenhang nachweisen ließ und somit unklar blieb, ob ggf. auch ein Dosismodell mit einem der nun neu eingefügten Tagesdosis-Schwellenwerte einen gesicherten Zusammenhang aufwies.

Zur Unterscheidung dieser neu-definierten Dosismodelle von den bisherigen wurde eine Nummerierung ab 201 (bis 212) gewählt.



DWS2: AIC-Werte der Sensitivitätsanalyse Schwellenwertvariation mit fraktionalen Polynomen 2. und 4. Grades (Stand 29.08.2011)
 Erweiterung der Schwellen für Tagesdosis (0,5 kNh, 1 kNh) und Druckkraft (3,5 kN ...12,0 kN);

		FG 1	FG 2	FG 3	FG 4				
MG 1 (TagDos)		Fallgruppen 1-3: Abfallen der Anpassungsgüte mit F_D -Schwelle verifiziert							
MG 2 (FD)									
	25 kN	2 I_D_109k1	944,3	943	946,7	620,5	621	717,0	718
	5 kN	2 I_D_110k1	945,1	943	946,3	619,7	620	715,2	717
	75 kN	2 I_D_111k1	944,6	942	947,7	617,8	619	715,8	718
	1 kN	2 I_D_112k1	946,0	943	948,0	617,9	618	719,6	718
	25 kN	2 I_D_113k1	945,3	942	948,7	617,9	619	720,4	721
	5 kN	2 I_D_203k1	947,0	949	952,4	617,8	621	721,9	722
	3 kN	2 I_D_204k1	941,7	940	952,9	617,0	620	722,1	722
	5 kN	2 I_D_205k1	943,4	947	953,3	618,1	621	722,2	722
	3 kN	2 I_D_206k1	945,5	946	952,5	617,3	618	721,9	721
	5 kN	2 I_D_207k1	948,3	946	952,4	616,3	618	722,0	721
Schwelle Druckkraft	3 kN	2 I_D_208k1	947,3	947	953,0	617,3	618	722,1	720
Schwelle Druckkraft	3 kN	2 I_D_209k1	949,3	950	954,5	621,9		722,7	722
Schwelle Druckkraft	3 kN	2 I_D_210k1	951,5	950	953,8	624,7		721,5	721
Schwelle Druckkraft	10 kN	2 I_D_211k1	949,1	949	953,6	626,7	627	721,1	720
Schwelle Druckkraft	0 kN	2 I_D_212k1	949,3	949	953,8	628,0	628	720,4	720

100er Modelle
200er Modelle

4. Sitzung
September 2011

Ablauf – Separate Variation von Schwellen – Modellgruppe 2

Das zuvor erläuterte Verhalten in Modellgruppe 2 (kein „Abreißen“ der Anpassungsgüte mit zunehmender Druckkraft-Schwelle, das auch mit fehlender „Trennschärfe“ bezeichnet werden kann) hatte zur Erweiterung dieser Modellgruppe mit Druckkraft-Schwellen bis hin zu 12,0 kN geführt; diese Erweiterung hat bei der Prüfung der Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge zu dem (erwarteten) Verhalten eines „Abreißens der Anpassungsgüte mit zunehmender Druckkraft-Schwelle“ geführt.



DWS2: AIC-Werte der Sensitivitätsanalyse Schwellenwertvariation mit fraktionalen Polynomen 2. und 4. Grades (Stand 29.08.2011)
Erweiterung der Schwellen für Tagesdosis (0,5 kNh, 1 kNh) und Druckkraft (3,5 kN ...12,0 kN);

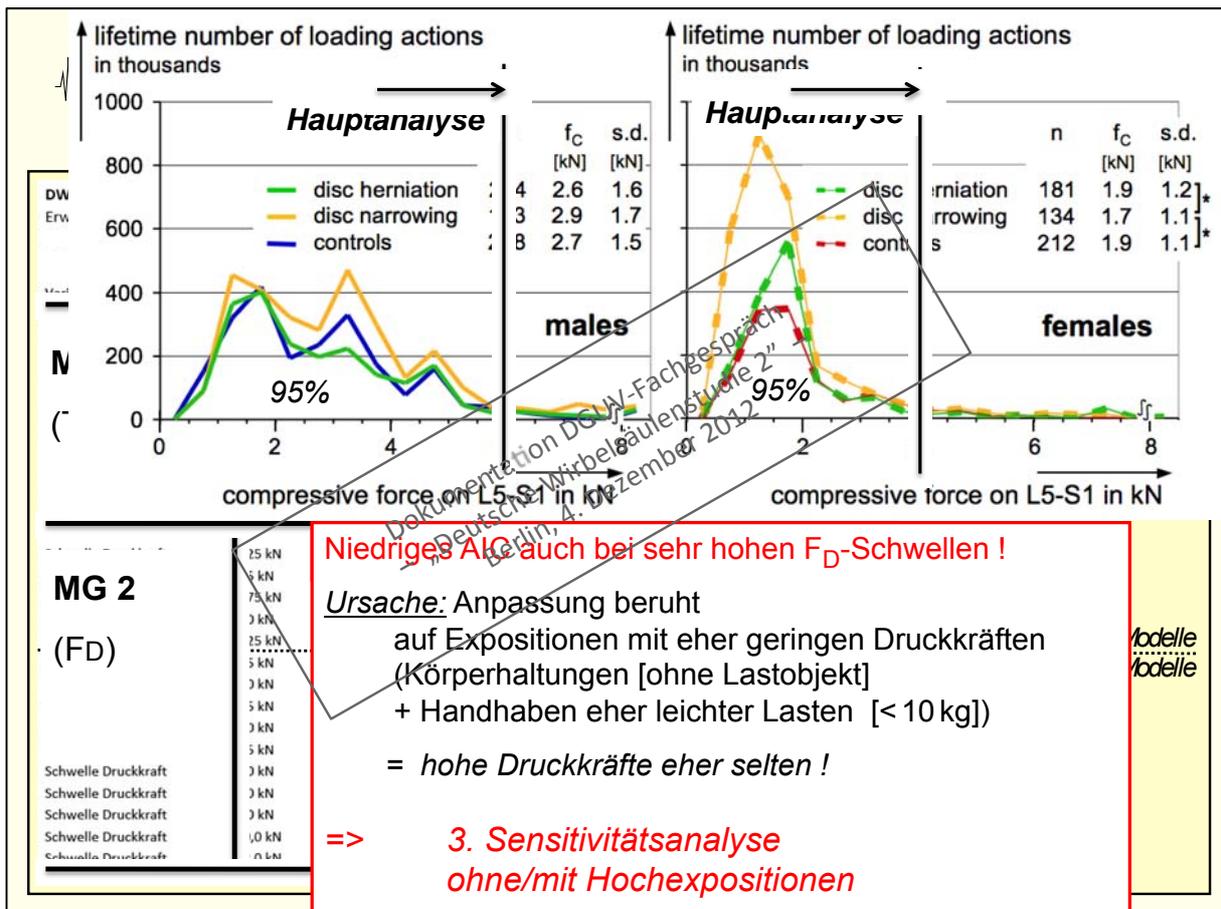
		FG 1	FG 2	FG 3	FG 4			
MG 1 (TagDos)		Fallgruppen 1-3: Abfallen der Anpassungsgüte mit F_D -Schwellenverifizierung			Fallgruppe 4: AIC-Änderung klein (auch wenn „zwischen durch“ weiße Felder)			
MG 2 (FD)		Niedriges AIC auch bei sehr hohen F_D -Schwellen !						
	25 kN	944,6	942	947,7	617,8	619	715,8	718
	5 kN	946,0	943	948,0	617,9	618	719,6	718
	75 kN	946,0	943	948,0	617,9	618	719,6	718
	1 kN	945,3	942	948,7	617,9	619	720,4	721
	25 kN	947,0	943	952,4	617,8	621	721,9	722
	5 kN	941,7	940	952,9	617,0	620	722,1	722
	75 kN	943,4	947	953,3	618,1	621	722,2	722
	1 kN	945,5	946	952,5	617,3	618	721,9	721
	25 kN	948,3	946	952,4	626,5	618	722,0	721
	5 kN	947,9	947	953,0	617,3	618	722,1	720
Schwelle Druckkraft	1 kN	949,3	950	954,5	621,9	618	722,7	722
Schwelle Druckkraft	1 kN	951,5	950	953,8	624,7	618	721,5	721
Schwelle Druckkraft	1,0 kN	949,1	949	953,6	626,7	627	721,1	720
Schwelle Druckkraft	0 kN	949,3	949	953,8	628,0	627	720,8	720

100er Modelle
200er Modelle

4. Sitzung
September 2011

Ablauf – Separate Variation von Schwellen – Modellgruppe 2

Im Gegensatz zu den Fallgruppen 1 bis 3 hat sich eine „hohe Trennschärfe“ für FG4 nicht ergeben, d. h. auch Dosismodelle mit den höchsten der geprüften Druckkraft-Schwellen weisen eine hohe Anpassungsgüte auf, und die Dosismodelle mit nicht-signifikanten Zusammenhängen (weiße Felder zwischen blauen Blöcken in FG4) sind mit Anpassungsgüten verbunden, deren AIC-Wert nur relativ kleine Differenzen zur „Signifikanzgrenze“ aufweisen.



Ablauf – Separate Variation von Schwellen – Modellgruppe 2

Das zuvor erläuterte Verhalten der Zusammenhangsprüfungen zu FG4 in MG2 wurde darauf zurückgeführt, dass das Spektrum der Wirbelsäulenbelastung (explizit die bei der Dosiskumulation verwendeten Bandscheiben-Druckkräfte) kleiner ist als bei den Männern betreffenden Fallgruppen 1 und 3, d. h. hohe Druckkräfte kommen bei Frauen und somit den Personen der Fallgruppe 4 vergleichsweise selten vor. Die Expositionen der FG4-Personen sind im Wesentlichen von Körperhaltungen ohne Lastenhandhabung und von Lastenhandhabungen von vergleichsweise leichten Objekten geprägt. Dies wird deutlich anhand der Häufigkeitsverteilungen von Druckkräften für Männer (links) und Frauen (rechts) – entnommen entsprechenden Zusatzanalysen zur DWS (Jäger et al., 2011: BGN – Erfurter Tage 2010): Eine relevante Auftretenshäufigkeit weisen bei Männern die Druckkraftklassen bis etwa 6 kN auf, bei Frauen bis etwa 4 kN (Kriterium: 95% der Druckkraft-Werte bis zur „Grenze“ von 6 bzw. 4 kN). Daher wurden im folgenden Vorgehen in einer „Hauptanalyse“ nur Dosismodelle mit Druckkraft-Schwellen bis 6 bzw. 4 kN berücksichtigt, in einer „Nebenanalyse“ alle Dosismodelle bis hin zur obersten gewählten Schwelle von 12 kN.



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

Modell	Gruppe	Modell	FG 1	FG 2	FG 3	FG 4					
MG 1 (TagDos)	5 kNh	1 D_201k1	943,8	942	947,4	945	620,5	621	715,0	717	
	0 kNh	1 D_202k1	943,7	942	949,0	948	619,2	618	718,7	715	
	0 kNh	1 D_102k1	939,2	937	958,4	960	617,0	615	718,0	718	
	0 kNh	1 D_103k1	944,3	942	961,4	963	624,1	625	723,2	720	
	0 kNh	1 D_104k1	945,1	942	965,8	968	628,1	627	731,3	729	
	0 kNh	1 D_105k1	944,0	942	968,6	971	623,4	624	736,8	737	
	0 kNh	1 D_106k1	955,3	956	973,5	975	627,5	628	738,1	739	
	0 kNh	1 D_107k1	967,1	969	978,3	972	632,2	635	736,7	738	
	Schwelle Tagesdosis	1,0 kNh	1 D_108k1	971,2	971	975,1	971	633,1	634	739,9	741
	MG 2 (FD)	25 kN	2 D_109k1	944,9	943	946,3	944	620,5	621	717,0	718
5 kN		2 D_110k1	945,1	943	946,3	943	619,2	620	715,2	717	
75 kN		2 D_111k1	944,6	942	947,2	944	617,8	619	715,8	718	
0 kN		2 D_112k1	946,6	943	948,0	944	617,9	618	719,6	718	
25 kN		2 D_113k1	945,3	942	948,7	944	617,9	619	720,4	721	
5 kN		2 D_203k1	947,6	942	952,4	949	617,8	621	721,9	722	
0 kN		2 D_204k1	941,7	940	952,9	952	617,0	620	722,1	722	
5 kN		2 D_205k1	945,0	947	953,3	952	618,1	621	722,2	722	
0 kN		2 D_206k1	945,5	946	952,5	951	617,3	618	721,9	721	
5 kN		2 D_207k1	948,3	946	952,4	951	616,3	618	722,0	721	
Schwelle Druckkraft	0 kN	2 D_208k1	947,9	947	953,0	951	617,3	618	722,1	720	
Schwelle Druckkraft	0 kN	2 D_209k1	949,3	950	954,5	953	621,9		722,7	722	
Schwelle Druckkraft	0 kN	2 D_210k1	951,5	950	953,8	951	624,7		721,5	721	
Schwelle Druckkraft	1,0 kN	2 D_211k1	949,1	949	953,6	952	626,7	627	721,1	720	
Schwelle Druckkraft	1,0 kN	2 D_212k1	948,3	948	953,8	951	626,7	627	720,4	720	
MG 3 (α)	45°	3 D_101k1	943,7	942	947,9	945	620,6	621	714,6	717	
	75°	3 D_115k1	948,0	942	947,7	944	622,4	622	717,8	718	
	00°	3 D_116k1	947,4	942	947,4	941	620,4	620	716,0	716	

Ableitung von „Kombinationsmodellen“
 aus bestanpassenden „Einzelmodellen“ je Fallgruppe
 (farbig: Modelle in 95%-Konfid.Menge)
 durch Δ AIC-gewichtete Mittelung
1. Multi-Modell-Ansatz

Ablauf – Ableitung von Kombinationsmodellen

Zur Entwicklung von sogenannten Kombinationsmodellen wurden in einer ersten Mittelung von Modelleigenschaften („1. Multi-Modell-Ansatz“) die 3 Eigenschaften der Modellgruppen 1 bis 3 (Tagesdosis-, Druckkraft-, Rumpfvorneigungs-Schwelle) gewichtet gemittelt – jeweils für jede Fallgruppe und für beide Polynomgrade getrennt. Die Kombinationsmodelle beruhen auf den Dosismodellen der signifikant gut anpassenden Dosismodelle bei separater Schwellenwert-Variation, d. h. der „Einzelmodelle“ der 95%-Konfidenzmenge; daher wurde auch für die Kombinationsmodelle eine gute Anpassung der Dosis-Wirkungs-Beziehung erwartet. – Eingehende Erläuterungen zur 1. Modellmittelung werden im nachfolgenden **Beitrag von P. Morfeld** gegeben.

In die insgesamt 32 Mittelungen zur Entwicklung der Kombinationsmodelle (3 Modellgruppen [+1x Nebenanalyse wg. Druckkraft-Spektrum, wie zuvor erläutert], 4 Fallgruppen, 2 Polynomgrade) gingen somit die Schwellenwerte der farbig hinterlegten Dosismodelle entsprechend der AIC-Differenz zum Schwellenwert des jeweils best-anpassenden Dosismodells ein. Als Ergebnis wurde je Fallgruppe ein gewichtetes Mittel erwartet, das i. d. R. nicht mit einem der zuvor definierten und in den Dosismodellen verwendeten Schwellenwerte zusammenfällt.

ANMERKUNG: Die Kombinationsmodelle erhielten die Nummern ab 301 bei Berechnung der Bandscheiben-Druckkraft via „Der Dortmunder“ und korrespondierende Nummern ab 401 bei Druckkraft-Schätzung via der in Projektteil 2 entwickelten „Bestimmungsgleichungen“ analog dem MDD.



Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf

Kombinationsmodelle: Schwellen nach Δ AIC-gewichteter Mittelung

Tabelle 5.1.3-10: AIC-gewichtete Mittelwerte der Schwellen und Ableitung der Kombinationsdosismodelle

Modellgruppe	Fallgruppe 1			Fallgruppe 2			Fallgruppe 3			Fallgruppe 4		
	AIC-gew.MW der Schwelle	Dosis-model	Modell-Schwelle									
1 (Tagesdosis in Nh)	1950	102	2,0	323	201	0,5	3584	102	2,0	538	201	0,5
2 (Druckkraft in N)	3169	113	3,2	2568	110	2,5	4183	204	4,0	2342 HA	110	2,5
										2814 NA	111	2,75
3 (Rumpfbeugung in °)	47,8	101	45°	49,8	101	45°	37	101	45°	62	115	75°

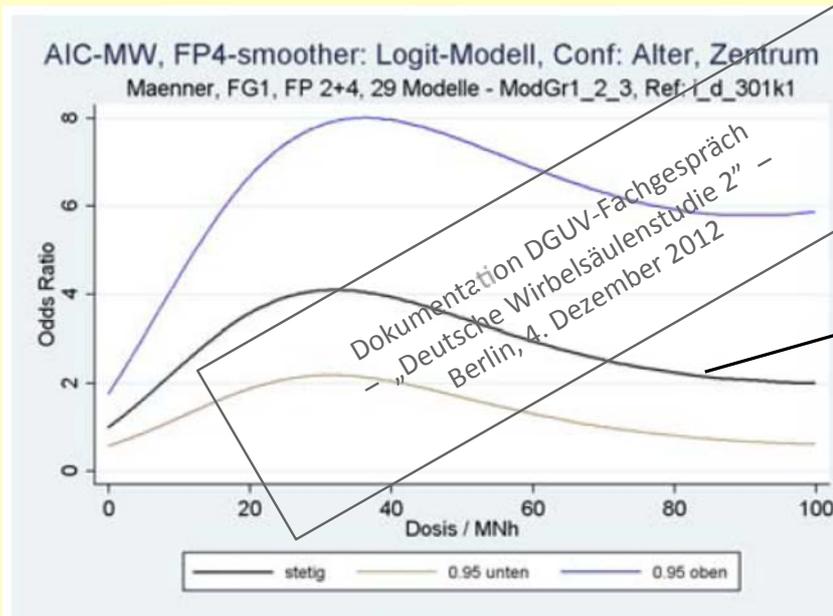
Ergebnis: Tagesdosis 2,0 kNh (M), 0,5 kNh (F)
 Druckkraft 3,2 / 4,0 kN (M), 2,5 kN (F)
 Rumpfeig. 45° (M), 45° / 75° (F)

Ablauf – Ableitung von Kombinationsmodellen

Die Darstellung zeigt die Eigenschaften der entwickelten Kombinationsmodelle der 3 Modellgruppen für die 4 Fallgruppen, jeweils für das besser anpassende Modell 2. bzw. 4 Grades. Ausgehend von den Ergebnissen der Modellmittlungen mit „nicht-runden“ Zahlenwerten (s. z. B. 2. Spalte von links), wurde der jeweils nahest gelegene Schwellenwert der zuvor verwendeten Dosismodelle (Nr. 101 bis 212) für das jeweilige fallgruppenspezifische Kombinationsmodell genutzt (s. z. B. 4. Spalte von links). Letztendlich ergaben sich die im unteren Teil aufgeführten Schwellenwerte für Tagesdosis, Druckkraft und Rumpfvorneigung.



Verdopplungsdosis: 2. Multi-Modell-Analyse



Beispiel: FG1

OR = f (LebDos)*

mit 95%-
Konfidenzbändern

* Referenzmodell 301
bis 100 MNh

Ablauf – Ableit-Prinzip des Verdoppelungsrisikos

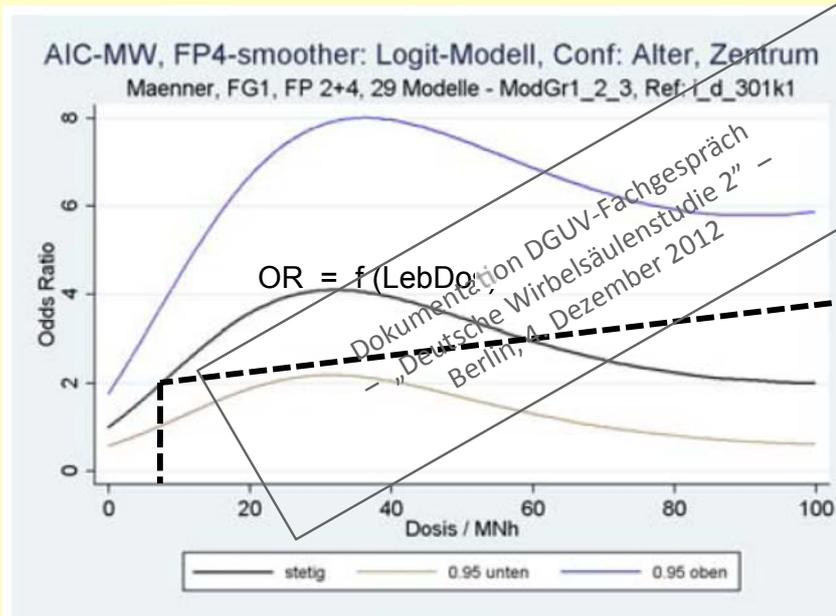
Nach Ableitung der fallgruppenspezifischen Kombinationsmodelle für die 4 Fallgruppen galt es, die Dosis mit einem verdoppelten Erkrankungsrisiko („Verdoppelungsrisiko“) abzuschätzen. Dazu wurde zunächst eine zweite Modellmittelung auf Basis der Einzelmodelle der jeweiligen fallgruppenspezifischen 95%-Konfidenzmenge wie folgt durchgeführt („2. Multi-Modell-Ansatz“):

Nach Auswahl eines „Referenz-Dosismodells“ für jede Fallgruppe, hier das Kombinationsmodell Nr. 301 für Fallgruppe 1, wurden für alle Personen der jeweiligen Fallgruppe die (Logarithmen der) Odds-Ratios der gut anpassenden Einzelmodelle DAIC-gewichtet gemittelt; da sich die diskreten Lebensdosiswerte je nach Dosismodell unterscheiden, wurden die Mittelungsergebnisse über einem einheitlichen Maßstab an der Abszisse – Lebensdosiswerte des Referenzmodells – aufgetragen und anschließend mit Hilfe eines fraktionales Polynoms 4. Grades in einen geglätteten Kurvenverlauf übertragen. Zusätzlich zu den genannten Punktschätzern wurden auch die Intervallschätzer zur 95%-Konfidenzgrenze oben bzw. unten bestimmt.

Eingehende Erläuterungen zur 2. Modellmittelung werden im nachfolgenden Beitrag von P. Morfeld gegeben.



Verdopplungsdosis: 2. Multi-Modell-Analyse



Beispiel: FG1

Verdopplungsdosis
 =
 Dosis bei OR = 2
 mit OR ≈ RR

Ablauf – Abschätzung des Verdoppelungsrisikos

Nach Ableitung der fallgruppenspezifischen geglätteten Kurven der Dosis-Wirkungs-Beziehungen sowie der korrespondierenden oberen und unteren Konfidenzintervall-Kurven lassen sich einerseits das Verdoppelungsrisiko (Dosis mit einem Odds-Ratio-Wert von 2) sowie dessen Vertrauensbereich – letzteres aus den Schnittpunkten der Konfidenzintervall-Kurven mit dem Odds-Ratio-Wert von 2 – ableiten. Bei Fallgruppe 1 ergab sich eine Verdopplungsdosis von etwa 7 MNh und ein Vertrauensbereich von etwa 1 MNh bis etwa 25 MNh, bezogen auf das Referenz-Dosismodell 301; letztendlich wurden die Verdoppelungsdosen auf Basis der 400er Dosismodelle abgeschätzt.

Somit ist auch der letzte Schritt von Projektteil 1 der DWS-Richtwertestudie beschrieben; Projektteil 2 dient der Ableitung von „Bestimmungsgleichungen zur Abschätzung der Bandscheiben-Druckkraft“ und wird im **Beitrag von R. Ellegast** erläutert.

Angewandte Methoden in der DWS II

PD Dr. Peter Morfeld



DWS II

Auswertestrategie

University
of
Cologne
Germany

P. Morfeld
Institute for occupational Epidemiology
and RiskAssessment (IERA)



DWS II: Herausforderungen



University
of Cologne 

- Dosimetrie
Das optimale Dosismodell ist **unbekannt**.
Kandidatenmodelle variieren weit mit angesetzten
„Schwellen“ für die Rumpf-Vorneigung, die
Lendenwirbelsäulen-Bandscheiben-Druckkraft und die
Tagesdosis.
- Epidemiologie
Die Form des optimalen Risikomodells („Odds Ratio-
Kurve“) über der Lebensdosis ist **unbekannt** und kann
komplex sein (z.B. „W-Form“), was zu einer **großen
Zahl an Kandidatenmodellen** führt

04 Dez 2010 | Peter Morfeld Seite 2

- Richtwertermittlung

Aus der Risikoanalyse soll eine eindeutige **Verdopplungsdosis mit 95%-Konfidenzintervall** abgeleitet werden,

also die **Lebensdosis**, die mit einer Verdopplung des Erkrankungsrisikos einhergeht.

DWSII-Analyse-Strategie: warum FPs und MMA?

FPs = Fraktionale Polynome
MMA = Multi-Modell-Analyse

DWS I-Verfahren: Kategorisierung und Selektion des bestanpassenden Modells

In DWS I wurden kategorisierte Analysen durchgeführt, d.h. **die Lebensdosis wurde gerastert („cut points“)** und zu jedem Rasterwert wurde ein Odds Ratio bestimmt

- Vorteil: Verfahren ist **einfach** und genaue Einzeldaten sind nur an den cut points wichtig
- Bei mehreren möglichen Modellen wurde das **bestanpassende Modell** gewählt und die anderen wurden verworfen
- Ergebnis: **OR-Tabelle mit 0.95-Konfidenzintervallen zu gerasterten Werten der Lebensdosis**

DWS I-Verfahren: Kategorisierung

Ein Beispiel ...

Gesamtdosis in MNh	Adjustiertes Odds Ratio		
	Punktschätzer	0.95-CI untere Grenze	0.95-CI obere Grenze
0	1,0		
>0, <7	1,4	1,0	2,1
≥7, <10	2,1	1,2	3,7
≥10, <18	3,0	1,7	5,0
≥18, <30	3,9	2,3	6,5
≥30, <56	3,5	2,1	5,9
≥56	2,5	1,4	4,3

DWS I-Verfahren: Kategorisierung

Ein Beispiel ...

Gesamtdosis in MNh	Adjustiertes Odds Ratio		
	Punktschätzer	0.95-CI untere Grenze	0.95-CI obere Grenze
0	1,0		
>0, <7	1,4	1,0	2,1
≥7, <10	2,1	1,2	3,7
≥10, <18	3,0	1,7	5,0
≥18, <30	3,9	2,3	6,5
≥30, <56	3,5	2,1	5,9
≥56	2,5	1,4	4,3

04. Dez 2012 | Peter Mörkfeld

Seite 7

DWS I-Verfahren: Kategorisierung

Ein Beispiel ...

Gesamtdosis in MNh	Adjustiertes Odds Ratio		
	Punktschätzer	0.95-CI untere Grenze	0.95-CI obere Grenze
0	1,0		
>0, <7	1,4	1,0	2,1
≥7, <10	2,1	1,2	3,7
≥10, <18	3,0	1,7	5,0
≥18, <30	3,9	2,3	6,5
≥30, <56	3,5	2,1	5,9
≥56	2,5	1,4	4,3

04. Dez 2012 | Peter Mörkfeld

Seite 8

DWS I-Verfahren: Kategorisierung

Ein Beispiel ...

Gesamtdosis in MNh	Adjustiertes Odds Ratio		
	Punktschätzer	0.95-CI untere Grenze	0.95-CI obere Grenze
0	1,0		
>0, <7	1,4	1,0	2,1
≥7, <10	2,1	1,2	3,7
≥10, <18	3,0	1,7	5,0
≥18, <30	3,9	2,3	6,5
≥30, <56	3,5	2,1	5,9
≥56	2,5	1,4	4,3

04 Dez 2012 | Peter Morfeld

Seite 9

DWS I-Verfahren: Kategorisierung

Konsequenzen

- 1) es wurden alle individuellen Lebensdosiswerte einer Kategorie für identisch erklärt und insbesondere benachbarte Randwerte als relativ weit voneinander entfernt angesetzt und analysiert
- 2) das Verfahren leidet unter einer willkürlich gesetzten Anzahl und Lage der cut points zwischen den Kategorien
- 3) Bei geringer Zahl der cut points sind die Ergebnisse grob, bei hoher Zahl der cutpoints werden die Modelle instabil
- 4) Verdopplungsdosen und ihre Konfidenzgrenzen sind nur ungenau bestimmbar

04 Dez 2012 | Peter Morfeld

Seite 10

DWS I-Verfahren: Kategorisierung

Bewertung

Royston P, Altman DG, Sauerbrei W. Dichotomizing continuous predictors in multiple regression: **a bad idea**. Statistics in Medicine 2006; 25:127-141

Kategorisierung führt zu

- Informationsverlust
- potentiellen Verzerrungen
- Power-Einbußen

Kategorisierung ist nachteilig und sollte vermieden werden!

DWS II-Verfahren: MMA zu FPs

Konzept

Stetige Analyse mit flexibler Kurvenform zur Schätzung einer Verdopplungsdosis, d.h. der Lebensdosis bei der sich das Erkrankungsrisiko verdoppelt

Problem 1

Wie sieht ein flexibles stetiges Modell aus?

Polynome (z.B. Parabel)? ... es gibt Nachteile ...

Ein möglicher Lösungsweg:

fraktionale Polynome (z.B. des Grades 2 oder 4),

kurz: **FP2 oder FP4**

Konzept

Stetige Analyse mit flexibler Kurvenform (FPs) zur Schätzung einer Verdopplungsdosis, d.h. der Lebensdosis bei der sich das Erkrankungsrisiko verdoppelt

Problem 2

Viele Versionen stetiger Modelle (FP2 oder FP4, verschiedene Schwellenwerte für Druckkraft, Tagesdosis und Rumpfbeugung), d.h.,

Selektion eines Modells führt zu Informationsverlust

Konzept

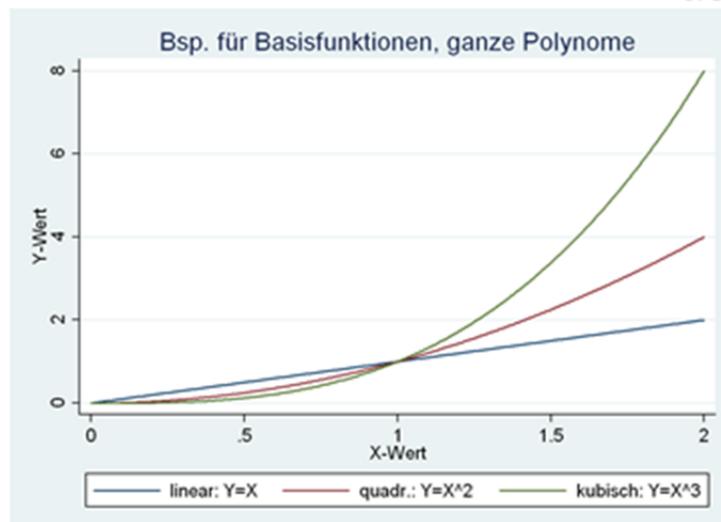
Alle relevanten Modelle halten, und die darin enthaltene Information zusammenführen, d.h.,

nach Informationskriterien (AIC) gewichtete Mittelung der flexiblen stetigen Modelle (FPs) zur „**maximalen**“ **Informationsausschöpfung** der Studie =

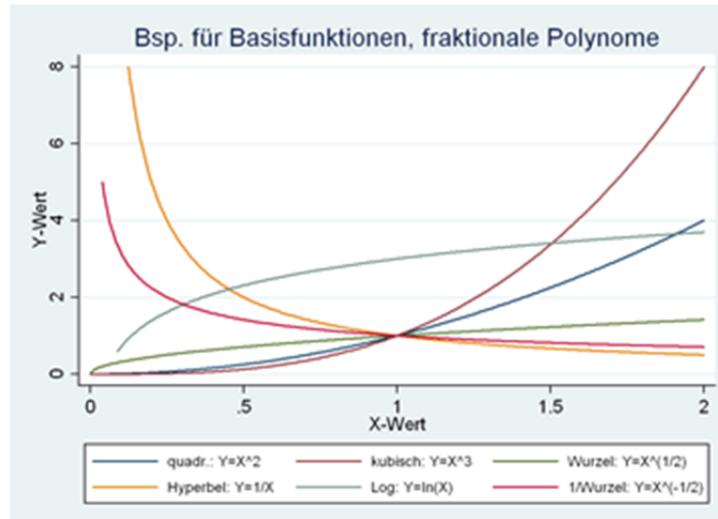
Multi-Modell-Analyse der stetigen FP-Regressionen

Kurvilineare Zusammenhänge darstellen

Normale („ganze“) Polynome



Fraktionale („gebrochene“) Polynome



04 Dez 2012 | Peter Mörkold

Seite 17

Fraktionale Polynome FP: Exponenten und Grade

Beispiele (a_i sind reelle Zahlen, $a_i \neq 0$):

$$\text{FP}(1, 3) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^3$$

Grad 2 (FP2)

$$\text{FP}(-1, 0) = a_0 + a_1 \cdot x^{-1} + a_2 \cdot \ln(x)$$

Grad 2 (FP2)

$$\text{FP}(-2, 0, 1) = a_0 + a_1 \cdot x^{-2} + a_2 \cdot \ln(x) + a_3 \cdot x$$

Grad 3 (FP3)

Standardexponentenmenge = $\{-2, -1, -0.5, 0, 0.5, 1, 2, 3\}$

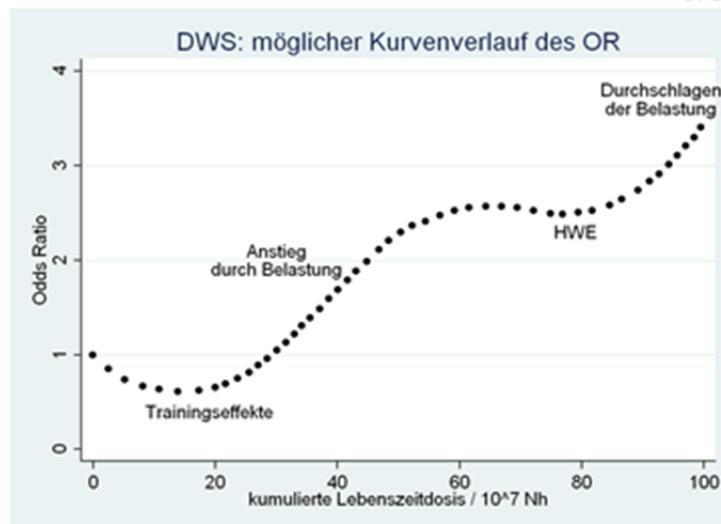
04 Dez 2012 | Peter Mörkold

Seite 18

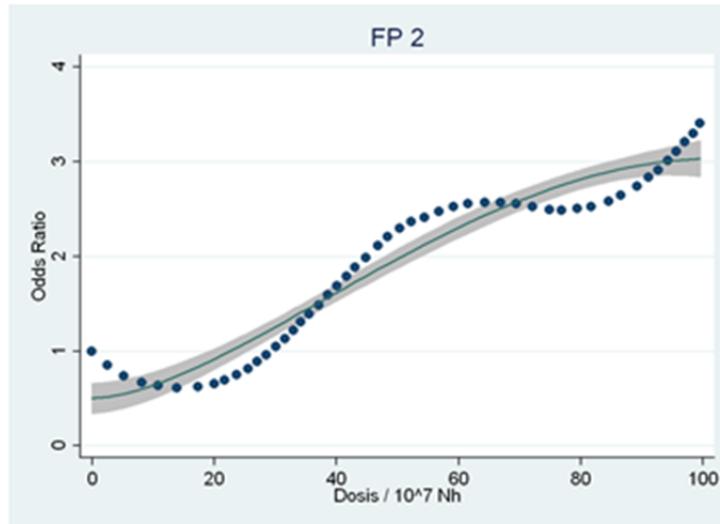
Anwendung auf Wirbelsäulen-Konzeptfunktion

Welcher FP-Grad in der DWSII?

Konzeptfunktion



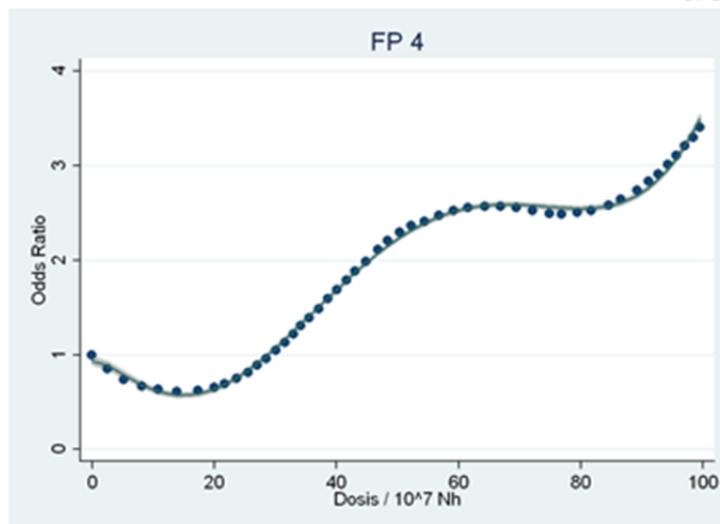
Beschreibung mit (bestem) FP2: ungenügende Anpassung



04 Dez 2012 | Peter Morfeld

Seite 21

Beschreibung mit (bestem) FP4: ausgezeichnete Anpassung



04 Dez 2012 | Peter Morfeld

Seite 22

Fraktionale Polynome FP

In der DWSII wurden alle Rechnungen sowohl mit FP2 als auch mit FP4 durchgeführt

- möglichst einfach, um den kurvilinearen Zusammenhang griffig abzubilden
→ FP2
- hinreichend flexibel, um auch Kurvenverläufe von höherer Komplexität (z.B. W-Form) darstellen zu können
→ FP4

Non-nested FPs: Güte der Anpassung (GOF) im Vergleich

Wie soll man die Güte der besten FPs vergleichen?

$$\text{FP2: FP}(-1, 0) = a_0 + a_1 x^{-1} + a_2 \ln(x)$$

$$\text{FP3: FP}(-2, 0, 1) = b_0 + b_1 x^{-2} + b_2 \ln(x) + b_3 x$$

Non-nested FPs: Güte der Anpassung (GOF) im Vergleich

Burnham KP, Andersen DR.
Model selection and multi-model inference:
a practical information-theoretic approach.
2nd ed. Springer, New York 2002

GOF (goodness of fit) bei unterschiedlicher Kovariablenstruktur?

Akaike (1973): „An Information Criterion = AIC“

Maximierung der Entropie (Boltzmann, 1877) außerhalb des Modells =
Minimierung der Information (Shannon, 1948) außerhalb des Modells:
Akaike findet Lösung mittels maximierter Likelihood (Fisher, 1922)

Akaike Information Criterion AIC =

$$2 * \# \text{ geschätzte Parameter} - 2 * \log\text{-Likelihood}$$

$$[= 2 * \# \text{ Parameter} + n * \ln(\sigma^2) \text{ bei Methode der kleinsten Quadrate}]$$

Non-nested FPs: Güte der Anpassung (GOF) im Vergleich

Burnham KP, Andersen DR.
Model selection and multi-model inference:
a practical information-theoretic approach.
2nd ed. Springer, New York 2002

Akaike Rang: ordnen nach AIC, **bestes Modell hat AICmin**

Akaike- Δ : $\Delta \text{ AIC} = \text{AIC} - \text{AICmin}$

Faustregel (p70-72):

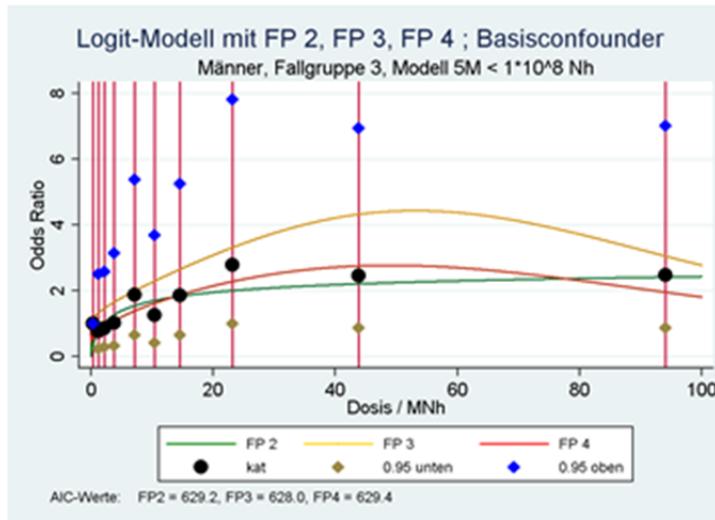
$$\Delta \text{ AIC} \leq 2 \quad \text{vernachlässigbarer Unterschied}$$

$$\Delta \text{ AIC} > 5 \dots > 10 \quad \text{relevanter Unterschied}$$

Akaike-Gewichte, p447: $w_{\text{AIC}} = \exp(-\Delta \text{ AIC}) / \sum \exp(-\Delta \text{ AIC})$

Konfidenzmenge der Modelle, p271, 272, 281, 283: $\text{CS} = \sum w_{\text{AIC}}$

OR, stetig: bestes FP mit Modell-0.95-CI
OR, kat: gerastert in Dezile, mit 0.95-CIs



FG3:
Männer,
Chondrose

DM5:
TDschw =
0 kNh,
DKschw =
2 kN,
RBSchw =
45°

04 Dez 2012; Peter Möhrle

Seite 27

Zusammenfassung: Fraktionale Polynome FP

1. Fraktionale Polynome stellen eine etablierte Methode dar, um kurvilineare Dosis-Wirkungszusammenhänge zu untersuchen
2. Die Analyse ist stetig
3. AICs und Kurvenformen können ermittelt und verglichen werden. Es können Konfidenzmengen zum Bestmodell bestimmt werden.
4. Es muss über keine Kategorisierungs- oder Knotenpunkte oder besondere Transformationen entschieden werden, aber über den Grad der FPs (und die Exponentenmenge):

DWSII verwendet FP2 und FP4 und die Standardexponentenmenge

04 Dez 2012; Peter Möhrle

Seite 28

Präliminarien und Literatur

Multi-Modell-Analyse: gewichteter Mittelwert

n Messwerte X_i und n Gewichte w_i , $1 \leq i \leq n$

Gewichteter MW: $MW = (\sum w_i * X_i) / \sum w_i$

a) Sei $w_i = 1$ für alle i : $\sum w_i = n$ und $MW = (\sum X_i) / n$,
d.h. der sog. "ungewichtete" MW
ist auch ein gewichteter MW

b) Sei k beliebig, aber fest mit $1 \leq k \leq n$
und $w_i = 1$ für $i = k$, sonst = 0:
 $\sum w_i = 1$ und $MW = \sum w_i * X_i = X_k$,
d.h. die Auswahl eines Einzelwertes
ist auch ein gewichteter MW

Multi-Modell-Analyse: gewichteter Mittelwert

Folgerung: auch die Auswahl eines Bestmodells
bedeutet eine gewichtete Mittelung über Modelle !

Die Frage ist also nicht, **ob** wir eine gewichtete Mittelung
durchführen, sondern **welche Gewichte**
wir verwenden möchten.

Grundidee des Multi-Model-Approach nach Burnham/Anderson:
Existieren keine inhaltlichen Argumente, ein Modell zu
bevorzugen, werden die **Gewichte aus den AICs** abgeleitet.
Die Multi-Model-Mittelung mit AIC-Gewichtung ergibt sich somit
direkt aus dem Ansatz, bei fehlender inhaltlicher Differenzierung
zwischen den Modellen das AIC als Kriterium einzusetzen.

Bestmodellauswahl

Wähle in einer Modellklasse das Modell mit bester Anpassung,
d.h. mit bestem AIC (Modellmittelung mit $w_k=1$, sonst =0)

Potentielle Probleme

- Einige **Modelle unterscheiden sich nicht wesentlich** im AIC vom
Bestmodell, werden dennoch ignoriert
(Selektionsproblematik)
- Bestmodell beruht **nicht auf einer BG-üblichen Dosisermittlung**
(„praxisuntauglich“)

Multi-Modell-Analyse: Literaturhinweise

Burnham KP, Andersen DR.
Model selection and multi-model inference:
a practical information-theoretic approach.
2nd ed. Springer, New York 2002.

Bailer AJ, Noble RB, Wheeler MW.
Model uncertainty and risk estimation for experimental studies of quantal responses.
Risk Analysis 2005;25(2):291-299.

Hoeting, JA, Madigan, David Raftery, AE, Volinsky, CT.
Bayesian model averaging: a tutorial
Statistical Science 1999;14:382-417

Lavoué J, Droz O.
Multimodel inference and multimodel averaging in empirical modeling of occupational
exposure levels.
Ann Occup Hyg. 2009; 53(2):173-80

04 Dez 2012; Peter Hübner

Seite 22

Multi-Modell-Analyse: Risikomittelung

Erster Schritt der Multi-Modell-Analyse:

Ausgangsmenge ist die 0.95-Konfidenzmenge der Modelle zum Bestmodell
(inkl. aller Modelle mit Mindestdifferenz zum Best-AIC ≤ 2). Der Bezug auf
diese **Konfidenzmenge** schließt „schlechte“ Modelle aus („erratische
Kurven“).

Das von den verschiedenen Modellen vorhergesagte Risiko (technisch:
linearer Modellprädiktor mit Varianz) wird **an jeder Stützstelle (Person)**
über die Modelle gemittelt (technisch: Mittelung mit den Akaike-Gewichten
der Modelle, die gemittelten Varianzen enthalten auch die Variabilität
zwischen den Modellen, Abhängigkeit der Modelle muss berücksichtigt
werden; Formeln in Burnham und Anderson 2002).

In dieser Berechnung werden für alle Personen **feste Kovariablenwerte**
angesetzt, aber immer die **realen Expositionswerte** der Person (je nach
Dosismodell).

Anmerkungen: Der lineare Prädiktor zu Modell i und Person n ist definiert als
$$\ln OR_{i,n} = \sum b_{ij} \cdot \text{dosis}_{jn} + \sum c_k \cdot \text{covariable}_k$$

Das Akaike-Gewicht zu Modell i ist definiert als
$$w_i = \exp(-\Delta AIC_i) / \sum \exp(-\Delta AIC_m)$$

04 Dez 2012; Peter Hübner

Seite 24

Multi-Modell-Analyse: Referenzdosis/Referenzperson

Zweiter Schritt der Multi-Modell-Analyse:

Bestimmung des **Referenzdosismodells**:

Modell identifizieren, das möglichst nah am AIC-gewichteten (technisch: w_i -gewichteten) Mittel der Modellcharakteristika (Schwellenwerte) aller Modelle in der Konfidenzmenge liegt

Auswahl einer **Referenzperson**, deren Referenzdosis = Null ist (ansonsten wähle das Minimum). Nach Möglichkeit sollte diese Person auch in allen zu mittelnden Dosen auf Null stehen. Das durch Modellmittelung gewonnene OR aller Personen wird durch Dividieren auf das OR dieser Referenzperson bezogen. Somit ergibt sich für diese Person in allen Modellmittelungen ein OR=1 bei einer Referenzdosis von 0.

Multi-Modell-Analyse: Glättung über der Referenzdosis

Abschliessend

Da die gemittelten und auf die Referenzperson bezogenen **OR-Schätzer** zwischen verschiedenen Personen mit derselben Referenzdosis variieren können, werden die mittleren Prädiktoren und ihre zugehörigen Varianzen zusätzlich mit fraktionalen Polynomen **geeignet geglättet (FP4 smoother)**.

Ergebnis

parametrisch beschriebene **Ergebniskurve mit Konfidenzbereich**, die für BK-Anwendungen ausgewertet werden kann.

Beispiel zur Vorgehensweise: FG1

Beispiel einer zu mittelnden Modellgruppe:

Geschlecht: Männer

Fallgruppe 1: lumbaler Prolaps

Dosismodell: DM 5 mit Tagesdosisschwellenvariation

AIC-Auswertung ergab:

sowohl zu FP2 als auch zu FP4

Bestmodell: 102 (Tagesdosisschwelle = 2 kN)

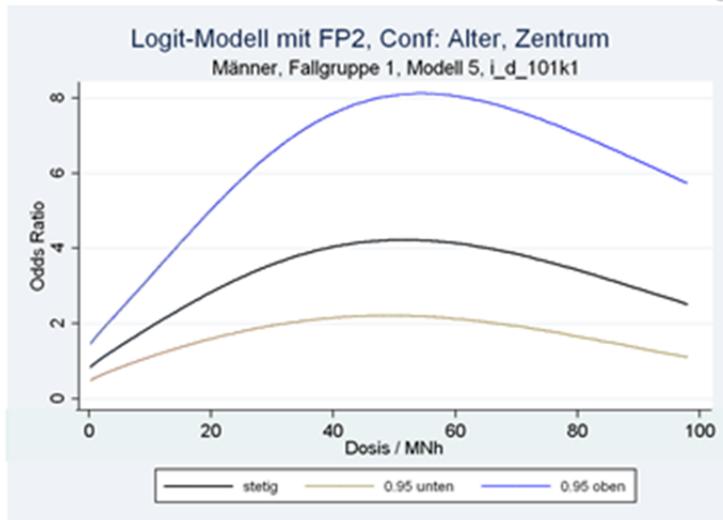
Konfidenzmenge : FP2 und FP4 zu 101, 102, 103, 105

**Interessierende Modellmenge besteht aus 8 Modellen,
die es gilt, informationstheoretisch zusammenzuführen**

**Modell 101: Tagesdosisschwelle 0 kNh,
DKschw. 2 kN, RBSchw 45°, mit Ziehen etc**



University of Cologne 



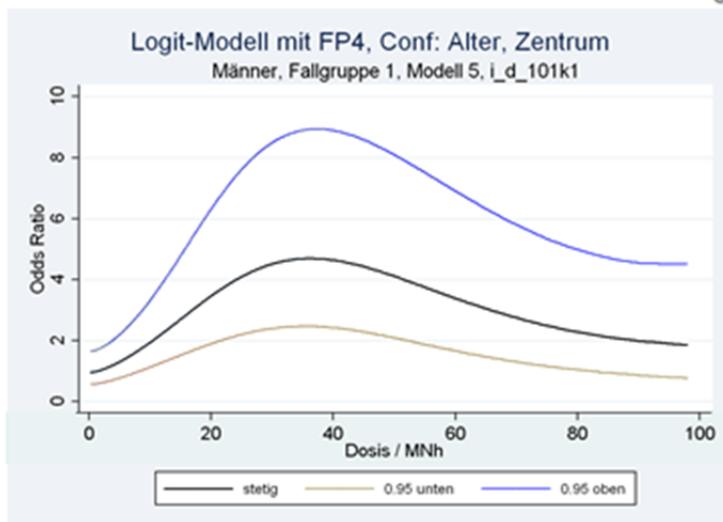
04 Dez 2012; Peter Mörkild

Seite 29

**Modell 101: Tagesdosisschwelle 0 kNh,
DKschw. 2 kN, RBSchw 45°, mit Ziehen etc**



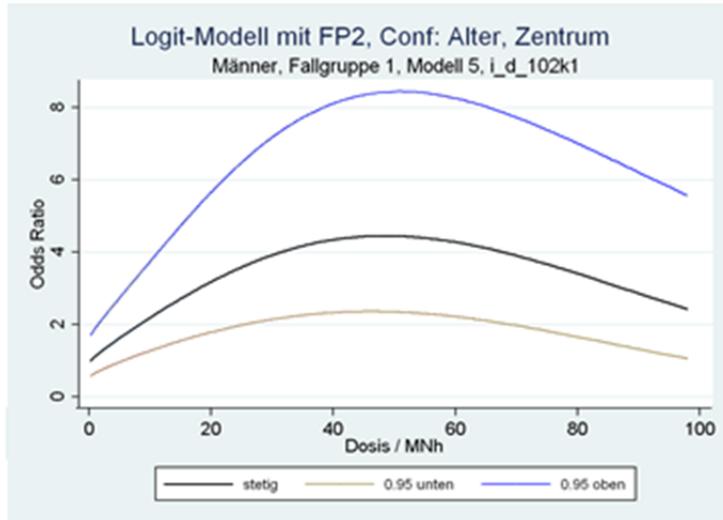
University of Cologne 



04 Dez 2012; Peter Mörkild

Seite 40

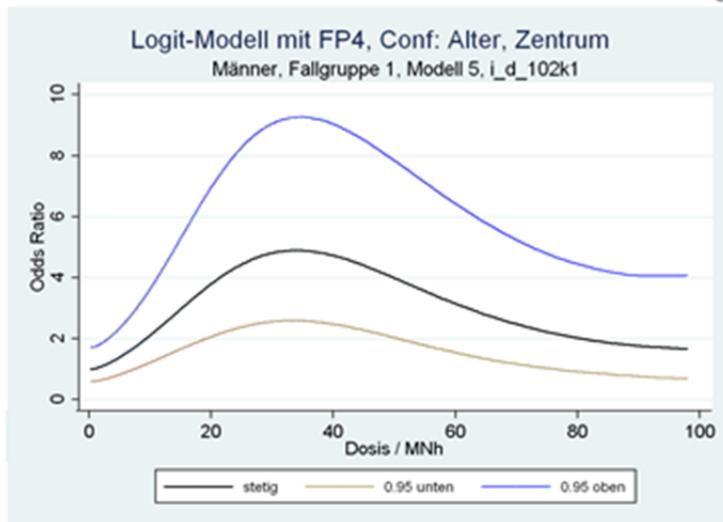
**Modell 102: Tagesdosisschwelle 2 kNh,
DKschw. 2 kN, RBSchw 45°, mit Ziehen etc**



04 Dez 2012; Peter Mörkild

Seite 41

**Modell 102: Tagesdosisschwelle 2 kNh,
DKschw. 2 kN, RBSchw 45°, mit Ziehen etc**



04 Dez 2012; Peter Mörkild

Seite 42

Multi-Modell-Analyse: Ermittlung der Referenzdosis

Mitteln der Modellcharakteristika (Schwellenwerte der Tagesdosis) über 8 Modelle:

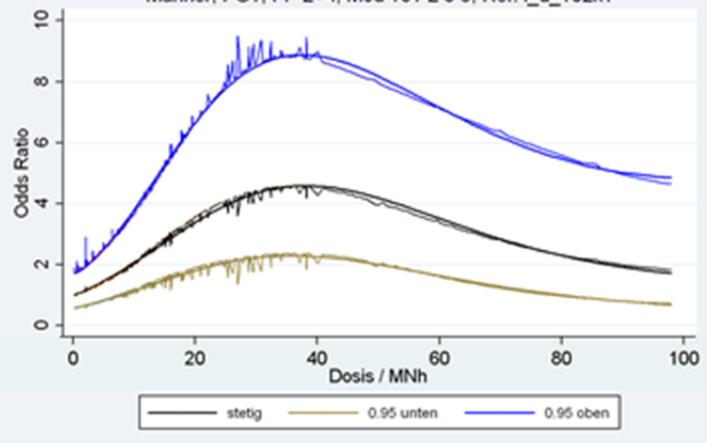
AIC-gewichtetes Mittel = 2085 Nh

Ziel: Zusammenführen der Info aus den 8 Modellen
über der Referenzdosis

nach **Modell 102** (TDschw = 2 kNh)

Mittel und geglättete Mittel, Referenz 102 TDschw 2 kNh, DKschw 2 kN, RBSchw 45°, mit Z.

AIC-MW, FP4-smoother: Logit-Modell, Conf: Alter, Zentrum
Männer, FG1, FP 2+4, Mod 101 2 3 5, Ref: i_d_102k1



Risikoverdopplungsdosen und zugehörige 0.95-Konfidenzintervalle Beispiel: FPs und MMA für Fallgruppe 1

Ermittlung der Verdopplungsdosen D_{krit} und zugehöriger Konfidenzintervalle

Umkehrung der „Risiko“kurven

Suche Schnittpunkte der **Parallelen** $OR=2$ [genauer: $OR_{krit}(p_0^*)$] mit der finalen Kurve aus der Multi-Modell-Analyse.

Starte diese Suche ab einer definierten **Minstdosis** (hier: 0.5 MNh). Diese Minstdosis schließt irreguläre Kurvenverläufe im Niedrigdosisbereich von der Analyse aus.

Bestimme die **niedrigsten** Dosen D_{krit} , die zu diesen Schnittpunkten gehören. Verfahre analog mit den 0.95-Konfidenzgrenzen.

*die Basisprävalenz p_0 unter den Exponierten erwies sich in Abschätzungen als niedrig ($p_0 < 5\%$, Ausarbeitungen von Kuss/Bergmann/Haerting). Unterschiede zwischen RR und OR ergaben sich unter dieser Annahme für p_0 als vernachlässigbar.

FG1: Männer, Prolaps Modellranking nach AIC

29 Modelle liegen im Konfidenzbereich zum Bestmodell FP4, 102

Modelltyp	FP	Rang	AIC	d_AIC	Modelltyp	FP	Rang	AIC	d_AIC
i_d_102k1	4	1	937.1774	0	i_d_114k1	4	18	942.9752	5.797791
i_d_102k1	2	2	939.2452	2.06781	i_d_109k1	4	17	943.1305	5.953125
i_d_204k1	4	3	940.3838	3.206421	i_d_116k1	4	18	943.38	6.202637
i_d_204k1	2	4	941.7458	4.56842	i_d_112k1	4	19	943.4616	6.284241
i_d_202k1	4	5	941.9843	4.806946	i_d_101k1	2	20	943.7175	6.5401
i_d_113k1	4	6	942.0104	4.833089	i_d_110k1	4	21	943.7175	6.540161
i_d_105k1	4	7	942.1676	4.990234	i_d_202k1	2	22	943.7468	6.569458
i_d_114k1	2	8	942.18	5.002625	i_d_111k1	2	23	944.5597	7.382324
i_d_115k1	4	9	942.2875	5.110107	i_d_109k1	2	24	944.9301	7.752747
i_d_101k1	4	10	942.367	5.189638	i_d_110k1	2	25	945.1234	7.945984
i_d_201k1	4	11	942.3818	5.204407	i_d_113k1	2	26	945.3089	8.129517
i_d_111k1	4	12	942.4761	5.298706	i_d_205k1	2	27	945.4047	8.227356
i_d_103k1	4	13	942.4822	5.304871	i_d_206k1	2	28	945.4734	8.296021
i_d_104k1	4	14	942.4847	5.307312	i_d_112k1	2	29	945.9893	8.811951
i_d_203k1	4	15	942.9332	5.755798					

Zusammenführen (Mitteln) der Info aus allen Modellen im Konfidenzbereich über Modell 401 (Referenzdosis, gleichzeitig eingesetzte Schwellen):
TDSchw 2 kNh, DKschw 3,2 kN, RBSchw 45°, Bestimmungsgleichungen

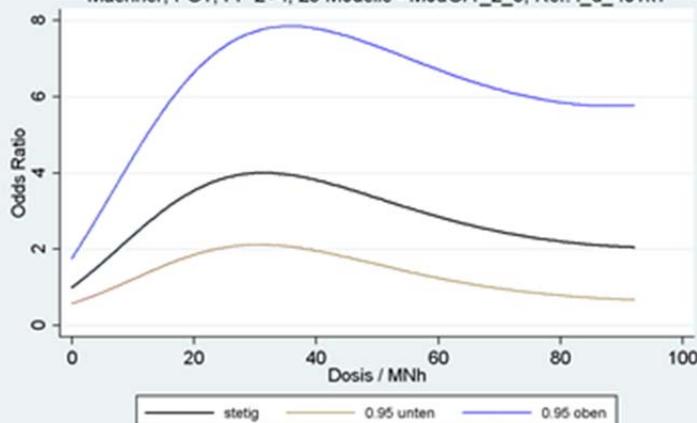
04 Dez 2012/Peter Morfeld

Seite 47

FG1, Geglättete Mittel, Referenz 401 TDSchw 2 kNh, DKschw 3,2 kN, RBSchw 45°, mit Ziehen etc, Bestimmungsgleichungen

OR_Maenner_Falgruppe1_DMS_mogr_1_2_3_AIC_glatte_MW_Rif20p_d_401k1_mac_deg4_fma_1st_e2_MNH_FG1.tif

AIC-MW, FP4-smoother: Logit-Modell, Conf: Alter, Zentrum
Maenner, FG1, FP 2+4, 29 Modelle - ModGr1_2_3, Ref: i_d_401k1



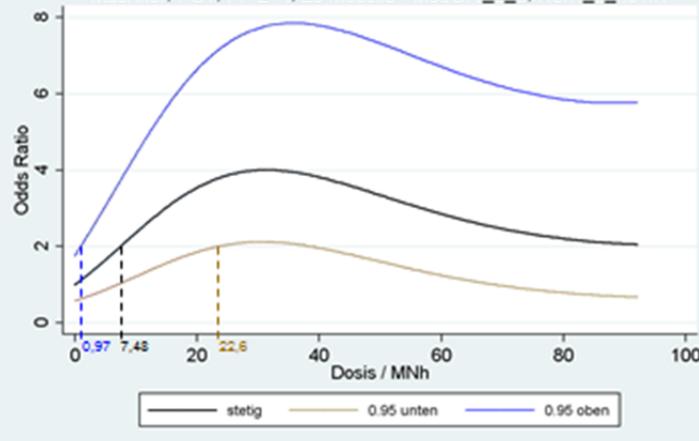
04 Dez 2012/Peter Morfeld

Seite 48

Ermittlung der Verdopplungsdosis D_{krit} durch Umkehrung der Risikokurve

OR_Maenner_Falgruppe1_DWS_m odgr 1_2_AIC_gstf4_MW_BefQps_u_d_401k1_fnc_dig4_fnc_wie_MNH_FG1.fir

AIC-MW, FP4-smoother: Logit-Modell, Conf: Alter, Zentrum
Maenner, FG1, FP 2+4, 29 Modelle - ModGr1_2_3, Ref: i_d_401k1



Verdopplungs-
dosis

D_{krit}

(bei OR=2)

in Modell 401

Punktschätzer:

7.5 MNh

0.95-CI:

0.97 MNh –

22.6 MNh

04 Dez 2012 | Peter Morfeld

Seite 49

Zusammenfassung zur DWS II - Auswertestrategie

- **bestmögliche Informationsausschöpfung** (stetige Analyse mit flexibler Kurvenform, Halten aller relevanten Infos durch Multi-Modell-Analyse)
- **Verdopplungsdosis mit Konfidenzintervallen** über einer für die BK-Praxis relevanten und optimierten Metrik der Lebenszeitdosis
- **Kommentar:**
bei **fehlenden biologischen A-priori-Kriterien** zur Spezifizierung eines optimalen dosimetrischen oder epidemiologischen Modells stellt die **MMA über FPs** einen Lösungsweg dar

04 Dez 2012 | Peter Morfeld

Seite 50

Ergebnisse der Studie und deren Bewertung: Teil 1 – Separate Variation einzelner Schwellenwerte

Prof. Dr. Andreas Seidler

Methodische Vorbemerkungen

Die folgende Darstellung der Ergebnisse der DWS-Richtwertstudie knüpft an die vorangegangenen methodischen Beiträge an. Kurz zusammengefasst: In verschiedenen Sensitivitätsanalysen konnten mehrere Aspekte des Vorgehens in der „Original-DWS“ – im Folgenden DWS I genannt – bestätigt werden. Dazu zählen insbesondere die quadratische Wichtung der Druckkraft und auch die Berücksichtigung der gesamten Druckkraft oberhalb der Schwelle. An einem Punkt weicht das Vorgehen der DWS-Richtwertstudie von dem Vorgehen in der DWS I ab: In der DWS I wurden die Risikoschätzer für Alter und Erhebungsregion adjustiert, zusätzlich wurden in einigen Modellen auch psychosoziale berufliche Faktoren (Belastung durch den Verlust des Arbeitsplatzes bzw. durch drohende Kündigung) in die logistischen Regressionsmodelle aufgenommen. Es würde sich dann um ein „echtes“ Confounding handeln, wenn diese psychosozialen Faktoren zum einen die kumulative Druckkraft kausal beeinflussen und zum anderen einen unmittelbaren Einfluss auf Bandscheibenerkrankungen haben würden. Dies erschien uns zumindest als sehr unwahrscheinlich; außerdem war zu berücksichtigen, dass die kumulative Druckkraft durchaus zu chronischen unspezifischen Rückenbeschwerden führen kann und dass diese Rückenbeschwerden psychosoziale berufliche Belastungen bedeuten und mit einer Arbeitsplatzunsicherheit verbunden sein können. Um also eine Adjustierung für die Folgen der kumulativen Druckkraft zu vermeiden, haben wir in all unseren Analysen das Confounder-Set auf Alter und Erhebungsregion begrenzt und nicht für die genannten psychosozialen Faktoren adjustiert.

A priori hatten wir festgelegt, die einzelnen Eigenschaften des Mainz-Dortmunder-Dosismodells zunächst getrennt voneinander zu variieren, heißt: die Druckkraft ausgehend vom Grundmodell schrittweise zu erhöhen, die Rumpfvorneigungsschwelle zu variieren und die Tagesdosis ausgehend von einer fehlenden Tagesdosis schrittweise auf 10 kNh zu erhöhen.

Ergebnisse der Schwellenwertvariation Druckkraft

Zunächst werden die Ergebnisse für die Schwellenwertvariation Druckkraft dargestellt (Abb. 1). Generell gilt: je niedriger die AIC-Werte sind, desto besser ist die Modellanpassung. Allerdings liegen alle blau schraffierten Dosismodelle innerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge. Das heißt, dass diese Modelle statistisch nicht voneinander zu unterscheiden sind. Anders ausgedrückt: Die blau schraffierten Dosismodelle sind als gleich gut anzusehen. Wir können mit diesem Ansatz bei Variation der Druckkraftschwelle bis hin zu einer Schwelle von 3,2 kN noch keine Dosismodelle finden, die nicht mehr zu den gut anpassenden gehören. Wir haben uns deshalb entschieden, die Variation der Druckkraftschwelle zu erweitern und auch Druckkraftschwellen oberhalb von 3,2 kN mit in die Testung aufzunehmen - und zwar Druckkräfte bis hin zu 12 kN. Im Ergebnis finden sich tatsächlich (nicht blau schraffiert = weiß dargestellte) Dosismodelle, die nicht mehr innerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge liegen. Für die ersten drei Fallgruppen (Männer mit Prolaps, Frauen mit Prolaps, Männer mit Chondrose) finden sich jeweils Modelle mit definierten Druckkraftschwellen, oberhalb derer die Modelle nicht mehr zu den am besten anpassenden gehören. Bei den Frauen mit Chondrose (Fallgruppe 4) gehört selbst ein Modell mit einer sehr hohen Druckkraftschwelle von 12 kN noch zu den am besten anpassenden Modellen. Entsprechend unserem a priori fest-

gelegten Vorgehen sollten zunächst diejenigen Modelle ausgeschlossen werden, die nicht innerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge liegen; in einem zweiten Schritt sollten biologische Plausibilitätskriterien an die verbleibenden Dosismodelle angelegt werden. Hier ließ sich aber keine konkrete Umsetzung im Konsens finden, die es uns ermöglicht hätte, mit diesen Kriterien noch weitere Modelle auszuschließen. Es blieb aber bezüglich der Fallgruppe 4 (Frauen mit Chondrose) das Problem, dass somit auch Dosismodelle in die nachfolgende Mittelung eingegangen wären, die alle Belastungen unterhalb teilweise extrem hoher Druckkraftschwellen (von bis zu 12 kN) ignorieren. Auf der Grundlage der Verteilung der Druckkräfte wurden daher Abschneidekriterien definiert: Es gingen bei den Männern (Fallgruppen 1 und 3) keine Modelle ein, die eine Druckkraft von mehr als 6 kN vorsahen. Und es gingen bei Frauen (Fallgruppen 2 und 4) keine Modelle in die Mittelung ein, die Druckkraftschwellen von mehr als 4 kN vorsahen. Bei den ersten drei Fallgruppen hatten diese Abschneidekriterien kein Einfluss auf die weiteren Ergebnisse; denn es finden sich ja für die ersten drei Fallgruppen keine Modelle innerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge, die Druckkraftschwellen oberhalb der genannten Abschneidekriterien vorsehen. Lediglich bei der Fallgruppe 4 wurden in der Hauptanalyse Dosismodelle mit Druckkraftschwellen oberhalb von 4 kN ausgeschlossen¹.

¹ In einer zusätzlichen Sensitivitätsanalyse wurde auf die genannten Abschneidekriterien verzichtet.

Ergebnisse der Schwellenwertvariation Rumpfneigung

In Abb. 1 sind diejenigen Dosismodelle grün schraffiert, die bei Variation der Rumpfneigungsschwelle innerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge liegen (die also statistisch nicht voneinander zu unterscheiden sind). Mit Ausnahme der Schwelle von 90° Rumpfvorneigung bei den Frauen mit Prolaps (Fallgruppe 2) findet sich für alle Rumpfvorneigungsschwellen in allen Fallgruppen mindestens ein „Dosis-Wirkungs-Verlauf“ (abgebildet durch ein fraktionales Polynom 2. oder 4. Grades), auf dessen Grundlage das jeweilige Dosismodell innerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge liegt.

Abb. 1: AIC-Werte der Haupt-(FP2) und Sensitivitätsanalyse (FP4); farbig markiert: 95%-Konfidenzmenge; FP2, FP4: Verwendung fraktionaler Polynome 2. bzw. 4. Grades; FG: Fallgruppe

Variation	Schwelle	Modell	FG1	FG1	FG2	FG2	FG3	FG3	FG4	FG4
			FP2	FP4	FP2	FP4	FP2	FP4	FP2	FP4
Schwelle Druckkraft	2,0 kN	I_D_101k1	943,7	942,4	947,9	945,9	620,6	621,3	714,6	717,1
Schwelle Druckkraft	2¼ kN	I_D_109k1	944,9	943,1	946,7	944,1	620,5	621,0	717,0	718,0
Schwelle Druckkraft	2½ kN	I_D_110k1	945,1	943,7	946,3	943,2	619,7	620,8	715,2	717,8
Schwelle Druckkraft	2¾ kN	I_D_111k1	944,6	942,5	947,7	944,9	617,8	619,6	715,8	718,6
Schwelle Druckkraft	3,0 kN	I_D_112k1	946,0	943,5	948,0	944,2	617,9	618,6	719,6	718,6
Schwelle Druckkraft	3¼ kN	I_D_113k1	945,3	942,0	948,7	944,8	617,9	619,0	720,4	721,6
Schwelle Druckkraft	3½ kN	I_D_203k1	947,0	942,9	952,4	949,2	617,8	621,0	721,9	722,7
Schwelle Druckkraft	4,0 kN	I_D_204k1	941,7	940,4	952,9	952,7	617,0	620,8	722,1	722,3
Schwelle Druckkraft	4½ kN	I_D_205k1	945,4	947,2	953,3	952,0	618,1	621,2	722,2	722,3
Schwelle Druckkraft	5,0 kN	I_D_206k1	945,5		952,5	951,1	617,3	618,5	721,9	721,0
Schwelle Druckkraft	5½ kN	I_D_207k1	948,3	946,5	952,4	951,3	616,3	618,0	722,0	721,5
Schwelle Druckkraft	6,0 kN	I_D_208k1	947,9	947,6	953,0	951,6	617,3	618,9	722,1	720,8
Schwelle Druckkraft	7,0 kN	I_D_209k1	949,3	950,1	954,5	953,7	621,9		722,7	722,5
Schwelle Druckkraft	8,0 kN	I_D_210k1	951,5	950,5	953,8	951,9	624,7		721,5	721,2
Schwelle Druckkraft	10,0 kN	I_D_211k1	949,1	949,7	953,6	952,1	626,7	627,5	721,1	720,8
Schwelle Druckkraft	12,0 kN	I_D_212k1	949,3		953,8	952,7	628,0	631,2	720,4	722,2
Schwelle Rumpfbg.	20°	I_D_114k1	942,2	943,0	946,8	945,0	617,7	618,0	716,4	718,5
Schwelle Rumpfbg.	45°	I_D_101k1	943,7	942,4	947,9	945,9	620,6	621,3	714,6	717,1
Schwelle Rumpfbg.	75°	I_D_115k1	948,0	942,3	947,7	944,1	622,4	622,0	717,8	718,1
Schwelle Rumpfbg.	90°	I_D_116k1	947,1	943,4	954,1	951,2	620,1	620,7	715,0	716,1
Schwelle Tagesdosis	0 kNh	I_D_101k1	943,7	942,4	947,9	945,9	620,6	621,3	714,6	717,1
Schwelle Tagesdosis	0,5 kNh	I_D_201k1	943,8	942,4	947,4	945,4	620,5	621,6	715,0	717,7
Schwelle Tagesdosis	1,0 kNh	I_D_202k1	943,7	942,0	949,0	948,0	619,2	618,6	715,7	715,2
Schwelle Tagesdosis	2,0 kNh	I_D_102k1	939,2	937,2	958,4	960,0	617,0	615,5	718,0	718,2
Schwelle Tagesdosis	3,0 kNh	I_D_103k1	944,3	942,5	961,4	963,1	624,1	625,1	723,2	720,8
Schwelle Tagesdosis	4,0 kNh	I_D_104k1	945,1	942,5	965,8	968,4	625,1	627,0	731,3	729,7
Schwelle Tagesdosis	5,0 kNh	I_D_105k1	944,0	942,2	968,6	971,4	623,4	624,8	736,8	737,6
Schwelle Tagesdosis	6,0 kNh	I_D_106k1	955,3	956,2	973,5	975,9	627,5	627,7	738,1	739,1
Schwelle Tagesdosis	8,0 kNh	I_D_107k1	967,1	969,7	970,3	972,0	632,8	635,3	736,7	738,9
Schwelle Tagesdosis	10,0 kNh	I_D_108k1	971,2	971,7	975,1	971,0	633,1	634,6	739,9	741,7
mit Ziehen etc. 45°		I_D_101k1	943,7	942,4	947,9	945,9	620,6	621,3	714,6	717,1
ohne Ziehen etc. 90° "BSG"		I_D_118k1	951,0	946,8	952,2	952,2	620,3	621,2	717,0	718,0

Ergebnisse der Schwellenwertvariation Tagedosis

Die klarsten Ergebnisse lassen sich bei der Variation der Tagesdosis-Schwellenwerte aufzeigen: Wir finden in allen Fallgruppen jeweils ein Dosismodell, oberhalb dessen keine Modelle mehr innerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge liegen. Es lässt sich also sagen: eine Tagesdosis von beispielsweise 6 kNh fällt für keine der untersuchten Fallgruppen unter die am besten anpassenden Modelle. Allerdings wussten wir auf der Grundlage unseres apriori festgelegten Vorgehens noch nicht, ob es auch zwischen 0 und 2 kNh Tagesdosissschwelle am besten anpassende Dosismodelle gibt (denn eine Prüfung dieses „Zwischenbereichs“ war ursprünglich nicht vorgesehen). Eine Beantwortung dieser Frage ist insbesondere für die Fallgruppe 2 von Bedeutung: bei Ausklammerung des genannten „Zwischenbereichs“ bliebe ungeklärt, ob lediglich Modelle mit einem Schwellenwert von 0 kNh – also mit Verzicht auf eine Tagesdosissschwelle – zu den am besten anpassenden Modellen zählen oder auch Modelle mit einer Tagesdosissschwelle zwischen 0 und 2 kNh. Wir haben daher auch an dieser Stelle eine Ausweitung des ursprünglich beabsichtigten Auswertungsplans vorgenommen, indem noch weitere Dosismodelle zwischen 0 und 2 kNh Tagesdosissschwelle in die Prüfung der Anpassungsgüte aufgenommen wurden. Tatsächlich finden sich im Bereich von Modellen mit einer Tagesdosissschwelle von 0,5 oder 1 kNh in allen 4 Fallgruppen am besten anpassende Modelle.

Ergebnisse der Schwellenwertvariation Ziehen und Schieben

Die Ergebnisse der Schwellenwertvariation Ziehen und Schieben (hier nicht dargestellt) erlauben keine klare Differenzierung. Anders ausgedrückt: Es lässt sich auf der Grundlage dieser Ergebnisse nicht sagen, ob Dosismodelle mit Ziehen und Schieben eine bessere Modellanpassung erbringen als Dosismodelle ohne Ziehen und Schieben. Als Erklärung ist darauf hinzuweisen, dass die Vorgänge Ziehen, Schieben, Werfen, Fangen usw. in der Bevölkerung relativ selten sind; die Aussagekraft („Power“) des Studientyps einer bevölkerungsbasierten Fallkontrollstudie reicht daher nicht aus, um hier eine belastbare Aussage abzuleiten.

Ergebnisse der Schwellenwertvariation „BSG-Modell“

Bei Männern mit Prolaps (Fallgruppe 1) liegt das „BSG-Modell“ außerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge. Bei Männern mit Chondrose hingegen (Fallgruppe 3) liegt das „BSG-Modell“ innerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge. Die etwas niedrigeren AIC-Werte lassen sich nicht interpretieren.

Ergebnisse der ersten Modellmittelung (Multi-Modell-Analyse)

In die erste Modellmittelung gingen alle (statistisch nicht voneinander zu unterscheidenden) Modelle innerhalb der 95%-Modellkonfidenzmenge ein, gewichtet nach ihrem AIC-Wert. Das heißt: Wenn ein Modell einen sehr niedrigen AIC-Wert hatte, dann bekam es ein höheres Gewicht, weil es ja eine vergleichsweise bessere Anpassung zeigte als ein Modell mit einem höheren AIC Wert. Die einzelnen Eigenschaften der Modellgruppen sind in Abb. 2 dargestellt: die jeweils linke Spalte je Fallgruppe gibt die AIC-gewichteten Mittelwerte der Dosismodelle an, die jeweils rechte Spalte je Fallgruppe diejenige Schwelle, die diesen Mittelwerten am nächsten kam. Wir finden bei den Männern mit Prolapserkrankung die gemittelte Schwelle am nächsten bei 3,2 kN und bei den Männern mit Chondrose bei 4 kN. Bei Frauen

ergibt sich eine Druckkraftschwelle bei 2,5 kN². Für die Rumpfvorneigung liegen die AIC-gewichteten gemittelten Schwellen in der Nähe von 45°. Allein für die Fallgruppe 4 (Frauen mit Chondrose) finden wir eine gemittelte Rumpfbiegungsschwelle von 62°, also eine Schwelle eher in der Nähe von 75° als von 45°. Für die Tagesdosissschwellen ergibt sich einheitlich für Männer eine Schwelle von 2 kNh und für Frauen von 0,5 kNh.

Abb. 2: AIC-gewichtete Mittelwerte der Schwellen und Ableitung der Kombinationsdosismodelle

Modellgruppe	Fallgruppe 1 (Männer mit Prolaps)			Fallgruppe 2 (Frauen mit Prolaps)			Fallgruppe 3 (Männer mit Chondrose)			Fallgruppe 4 (Frauen mit Chondrose)		
	MW	DM	Schwelle	MW	DM	Schwelle	MW	DM	Schwelle	MW	DM	Schwelle
Druckkraft in N	3169	113	3200	2568	110	2450	4183	204	3950	2342*	110	2450
Rumpfbiegung in °	47,8	101	45	49,8	101	45	37	101	45	62	115	75
Tagesdosis in Nh	1950	102	1950	323	201	450	1584	102	1950	538	201	450

*Angegeben ist die Hauptanalyse mit Ausschluss der Dosismodelle, die eine Druckkraftschwelle oberhalb von 4 kN vorsehen; bei fehlendem Ausschluss dieser Dosismodelle (=Nebenanalyse) ergibt sich ein MW von 2714 N, im DM 111 wird von einer Schwelle von 2700 N ausgegangen

Legende: MW = Mittelwert der AIC-gewichteten Schwellenwerte; DM = Dosismodell

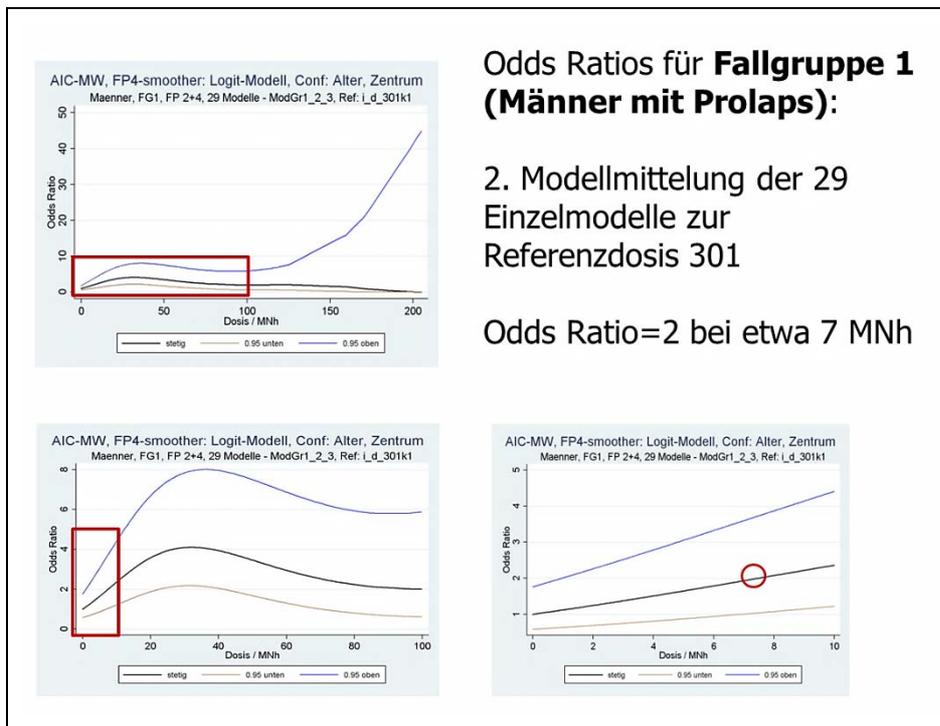
Aus diesen gemittelten Schwellenwerten wurden nun Kombinationsmodelle entwickelt: Modelle, bei denen nicht nur eine Eigenschaft jeweils für sich genommen variiert wurde, sondern bei denen mehrere Eigenschaften gleichzeitig variiert wurden (nämlich genau die Eigenschaften, die unseren gemittelten Werten entsprachen). Für die resultierenden Kombinationsmodelle wurden wiederum die AIC-Werte berechnet, um die Anpassungsgüte dieser Modelle zu überprüfen. Im Ergebnis fand sich einheitlich bei Männern eine Schwelle der Druckkraft von 3,2 kN, der Rumpfvorneigung von 45° und der Tagesdosis von 2 kNh. Bei Frauen ergab sich einheitlich eine Schwelle der Druckkraft von 2,7 kN, der Rumpfvorneigung von 45° und der Tagesdosis von 0,5 kNh. Da in Fallgruppe 4 eine „Tendenz“ hin zu einer Rumpfvorneigungsschwelle von 75° zu sehen war, wurde noch einmal für alle Fallgruppen auch mit einer Rumpfvorneigungsschwelle von 75° gerechnet. Im Ergebnis fand sich damit aber keine bessere, sondern teilweise sogar eine tendenziell schlechtere Anpassung. Damit stellen die angegebenen Kombinationsmodelle die „Best Estimates“ nach Durchführung der ersten Modellmittelung dar.

² Bei fehlendem Ausschluss der Modelle mit Druckkraftschwelle oberhalb von 4 kN bei Frauen (Nebenanalyse) ergibt sich eine Schwelle von 2¾ kN bei Frauen mit Chondrose (Fallgruppe 4).

Ergebnisse der zweiten Modellmittelung (Multi-Modell-Analyse)

Die im Ergebnis der ersten Modellmittelung gebildeten Kombinationsmodelle bildeten die „Referenzdosismodelle“ für die Durchführung der zweiten Modellmittelung. Auf diese Referenzmodelle wurden all diejenigen Modelle bezogen, die innerhalb der 95%-Modellkonfidenz-mengen lagen. So wurden etwa in der Fallgruppe 1 (Männer mit Prolaps) 29 Einzelmodelle in diese Modellmittelung einbezogen³. Beispielhaft ist der Verlauf der Dosis-Wirkungs-Kurve für Fallgruppe 1 in Abb. 3 dargestellt: Wir sehen die Dosis-Wirkungs-Kurve hier schwarz dargestellt, die obere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls ist blau dargestellt, die untere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls grau. In der Gesamtdarstellung des Dosis-Wirkungs-Verlaufs (Abb. 3 oben links) lässt sich wenig erkennen, weil sich Expositionswerte auf der x-Achse bis hin zu Werten von 200 MNh finden; so hohe Expositionen fanden sich aber (wenn überhaupt) nur äußerst vereinzelt bei Probanden in unserer Studie. In einer Ausschnittvergrößerung (Abb. 3 unten links) geht die x-Achse nur noch bis 100 MNh. Und aus diesem Ausschnitt wird wiederum das abgebildete rote Kästchen als Ausschnitt dargestellt, so dass wir nur den Bereich zwischen 0 und 10 MNh sehen (Abb. 3 unten rechts). Dieser Ausschnitt ermöglicht es uns nun, den Schnittpunkt der Dosiswirkungskurve mit der Parallelen zur y-Achse bei einer Odds Ratio von 2 festzustellen: dieser Schnittpunkt stellt den Schätzwert für die Verdoppelungsdosis dar und liegt für Männer mit Prolaps (Fallgruppe 1) ebenso wie für Männer mit Chondrose (Fallgruppe 3, keine Abbildung) bei etwa 7 MNh. Bei Frauen mit Prolaps wie mit Chondrose (Fallgruppen 2 und 4) ergibt sich mit diesem Verfahren eine Verdoppelungsdosis von etwa 3 MNh.

Abb. 3: Ableitung der Verdoppelungsdosis (Odds Ratio = 2) aus dem Dosis-Wirkungs-Verlauf bei Männern mit Prolaps (Fallgruppe 1)

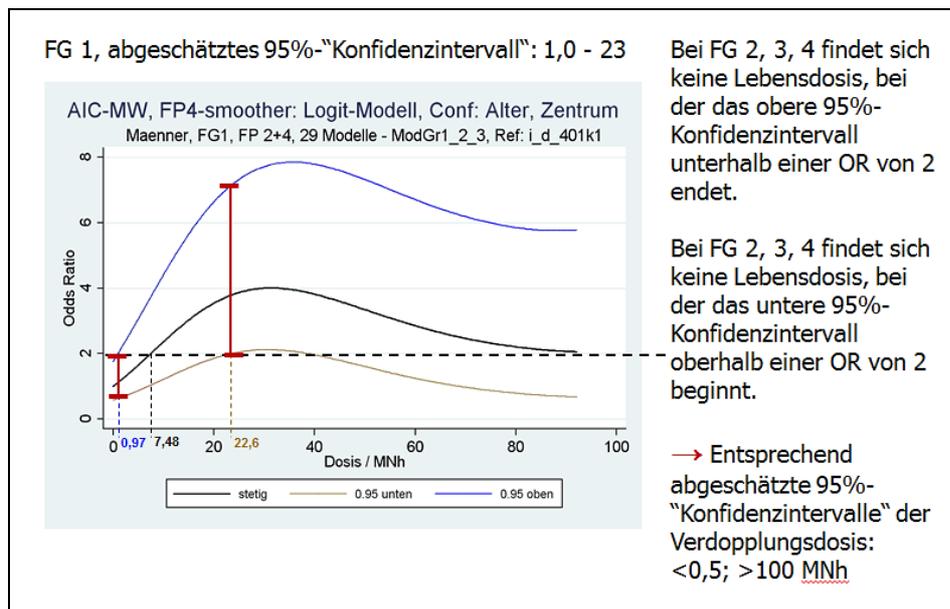


Anm.: Von links oben nach rechts unten werden jeweils Ausschnittvergrößerungen des roten Rechtecks gezeigt; der x-Wert beim (rot umkreisten) Schnittpunkt der Parallelen zur y-Achse bei Odds Ratio = 2 mit der Dosis-Wirkungs-Kurve stellt den Punktschätzer der Verdoppelungsdosis dar.

³ Für weitere Einzelheiten der „zweiten Modellmittelung“ wird auf den Beitrag von Morfeld in der vorliegenden Tagungsdokumentation verwiesen.

Mit folgendem Verfahren wurden Konfidenzintervalle für die Verdoppelungsdosis abgeschätzt (Abb. 4): Gesucht wurde (1. Punkt) diejenige Dosis, bei der sich die obere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls gerade bei 2 befindet; gesucht wurde ferner (2. Punkt) diejenige Dosis, bei der sich die untere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls gerade bei 2 befindet. Diese beiden Punkte auf der x-Achse werden dann als Schätzwerte des Konfidenzintervalls der Verdoppelungsdosis aufgefasst. Es ergibt sich ein Konfidenzintervall für die Fallgruppe 1 von 1 bis 23, also ein sehr weites Konfidenzintervall. Bei den weiteren Fallgruppen 2, 3 und 4 ist die genannte Voraussetzung (jeweils einen Effektschätzer zu finden, bei dem die obere Grenze unterhalb von 2 endet und einen weiteren, bei dem die untere Grenze oberhalb von 2 endet) nicht zu erfüllen. Es würden also dementsprechend 95%-Konfidenzintervalle von kleiner 0,5 bis größer 100 MNh mit dieser Methode abgeschätzt.

Abb. 4: Ergebnisse der zweiten Modellmittelung: Abschätzung von „Konfidenzintervallen“ für die Verdoppelungsdosis



Ergebnisse bei schrittweiser Erhöhung der Schwellen für die kumulative Lebensdosis

Mit dem beschriebenen Verfahren ergeben sich sehr niedrige Schätzwerte für die Verdoppelungsdosis – also für den „Lebensdosisrichtwert“. Im Folgenden soll eine schrittweise Erhöhung der Schwellen untersucht werden. Männer mit Chondrose und Prolaps werden für diese Auswertung zusammengefasst, ebenso Frauen mit Chondrose und Prolaps.

Wenn alle Männer mit einer Lebensdosis oberhalb von 7 MNh in einer Gruppe zusammengefasst werden (Abb. 5, grau schraffierte Zeile), dann ergibt sich für diese Expositionsgruppe eine deutlich erhöhte Odds Ratio von 3 mit einem engen Konfidenzintervall von 2,1 bis 4,2. Was passiert, wenn wir nun diese (grau schraffierte) Gruppe weiter aufteilen, so dass wir letztendlich fünf gleich große Gruppen (Quintile) haben? Es lässt sich bei den Männern zunächst bis zu einem Bereich von zwischen 18 und 30 MNh ein Anstieg des Risikos – abgeschätzt durch die Odds Ratio – finden, gefolgt von einem allerdings leichten Abfall des Risikos bis hin zu einer Odds Ratio von 2,5 bei Männern mit einer Lebensdosis von mehr als 56 MNh (Abb. 5).

Abb. 5: Ergebnisse der schrittweise Schwellenerhöhung bei Männern (FG 1 u. 3; Quintile der Verteilung bei Kontrollpersonen ≥ 7 MNh)

Gesamtdosis	% Kontr.	Adjustierte OR (95%-CI)
0 Nh	31,6	1,0 -
>0, <7 * 10 ⁶ Nh	30,5	1,4 (0,9-2,1)
$\geq 7 * 10^6$ Nh	38,0	3,0 (2,1-4,2)

Gesamtdosis	% Kontr.	Adjustierte OR (95%-CI)
0 Nh	31,6	1,0 -
>0, <7 * 10 ⁶ Nh	30,5	1,4 (1,0-2,1)
$\geq 7, <10 * 10^6$ Nh	7,1	2,1 (1,2-3,7)
$\geq 10, <18 * 10^6$ Nh	8,2	3,0 (1,7-5,0)
$\geq 18, <30 * 10^6$ Nh	7,5	3,9 (2,3-6,5)
$\geq 30, <56 * 10^6$ Nh	7,7	3,5 (2,1-5,9)
$\geq 56 * 10^6$ Nh	7,5	2,5 (1,4-4,3)

Wenn entsprechend alle Frauen mit einer Lebensdosis oberhalb von 3 MNh in einer Gruppe zusammengefasst werden (Abb. 6, grau schraffierte Zeile), dann ergibt sich eine Odds Ratio von 2,8 mit einem engen Konfidenzintervall von 2,1 bis 3,9. Bei Aufteilung dieser oberen Gruppe in Quintile lässt sich bis hin zu einem Dosisbereich von 4,5 bis 8,5 MNh eine Risikoerhöhung bis auf 3,2 feststellen, und das Risiko bleibt dann bei den höheren Expositionen in etwa konstant bei 3 (Abb. 6).

Abb. 6: Ergebnisse der schrittweisen Schwellenerhöhung bei Frauen (FG 2 u. 4; Quintile der Verteilung bei Kontrollpersonen ≥ 3 MNh)

Gesamtdosis	% Kontr.	Adjustierte OR (95%-CI)
0 Nh	45,5	1,0 -
>0, <3 * 10 ⁶ Nh	19,2	1,9 (1,3-2,8)
$\geq 3 * 10^6$ Nh	35,3	2,8 (2,1-3,9)

Gesamtdosis	% Kontr.	Adjustierte OR (95%-CI)
0 Nh	45,5	1,0 -
>0, <3 * 10 ⁶ Nh	19,2	1,9 (1,3-2,8)
$\geq 3, <4,5 * 10^6$ Nh	6,7	1,9 (1,1-3,4)
$\geq 4,5, <8,5 * 10^6$ Nh	7,4	3,2 (1,9-5,3)
$\geq 8,5, <14 * 10^6$ Nh	7,4	2,9 (1,7-4,8)
$\geq 14, <24,5 * 10^6$ Nh	6,9	2,8 (1,7-4,7)
$\geq 24,5 * 10^6$ Nh	6,9	3,3 (2,0-5,4)

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die vertiefende Re-Analyse der Deutschen Wirbelsäulenstudie versucht, mit vielen innovativen Methoden das „beste“ Dosismodell herauszufinden. Die Re-Analyse basiert im Unterschied zur DWS 1 wesentlich auf kontinuierlichen Expositionsvariablen. Neue Methoden liegen beispielsweise in der Bildung der 95%-Modellkonfidenzmengen, in den (zwei) Modellmittlungen und an der Abbildung des Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs mit fraktionalem Polynom. Es ergibt sich eine „Best Estimate“, eine bestmögliche Abschätzung der Verdopplungsdosis, die durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet ist:

- eine Druckkraftschwelle bei Männern von einheitlich 3,2 kN und bei Frauen von einheitlich 2,7 kN, entsprechend den Druckkraftschwellen des Mainz-Dortmunder Dosismodells (MDD),
- eine Rumpfvorneigungsschwelle einheitlich bei 45° (und damit deutlich niedriger als beim MDD),
- den Einbezug von Tätigkeiten wie Ziehen/Schieben/Werfen und Fangen, auch wenn unsere Methode aufgrund der diesbezüglich geringen Studienpower keine klare Entscheidung treffen konnte,
- Tagesdosissschwellen von einheitlich 2 kNh bei Männern und von einheitlich 0,5 kNh bei Frauen (und damit deutlich niedrigere Tagesdosissschwellen als beim MDD),
- eine Verdoppelungsdosis für die Lebensdosis von einheitlich 7 MNh bei Männern und einheitlich 3 MNh bei Frauen (und damit deutlich niedrigere Lebensdosiswerte als die MDD-Richtwerte für die Lebensdosis).

Ergebnisse der Studie und deren Bewertung: Teil 2 – Entwicklung eines praxistauglichen Instruments zur Druckkraftabschätzung unter Einsatz von Bestimmungsgleichungen

Dr. Rolf Ellegast, Dr. Dirk Ditchen, Nicole Lundershausen und die DWS II-Forschungsgruppe

Einleitung

Bei der Abschätzung der arbeitstechnischen Voraussetzungen im Sinne der Berufskrankheit Nr. 2108 BKV dient die auf die unterste Bandscheibe L5/S1 einwirkende Druckkraft als Eingangsgröße zur Berechnung der Tagesdosis nach dem Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD, Jäger et al. 1999). Für die Dosisberechnung müssen daher für alle relevanten Einzelbelastungen, wie manuelle Lastenhandhabungen oder Rumpfbeugehaltungen, die zugehörigen Bandscheibendruckkräfte abgeschätzt werden.

In der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS I) (Bolm-Audorff et al. 2007), einer epidemiologischen Fall-Kontroll-Studie zur Untersuchung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen bei der BK-Nr. 2108, wurden zu diesem Zweck sowohl die Expositionsermittlung als auch die anschließende Abschätzung der entsprechenden Bandscheiben-Druckkräfte mittels biomechanischer Simulation mit dem Modell „Der Dortmunder“ (Jäger et al. 2000) mit hohem Aufwand durchgeführt (Ellegast et al. 2007, Jäger et al. 2007). Ein Ziel der Reanalyse der DWS I innerhalb der sog. DWS-Richtwertestudie (DWS II) (Jäger et al. 2013, Morfeld et al. 2013, Seidler et al. 2013) war es nun, aus diesen Ergebnissen ein in der BK-Praxis anwendbares, einfacheres Verfahren zur Abschätzung der Bandscheiben-Druckkraft auf Grundlage von Berechnungsformeln („Bestimmungsgleichungen“) zu entwickeln. Mit Hilfe der Druckkräfte können dann weitere Belastungskennwerte (Tagesdosen, Lebensdosen) berechnet werden. Insgesamt soll ein praxistaugliches Verfahren mit hinreichender Genauigkeit entwickelt werden, mit dem sich die Kernergebnisse der Studie gut reproduzieren lassen.

Methoden

In der DWS I wurden bei ca. 1.200 Probanden, bei denen die Expositionsermittlung durch die Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger erfolgte, allen dokumentierten manuellen Lastenhandhabungen und Tätigkeiten mit Rumpfneigung oder -verdrehung zugehörige Wirbelsäulenbelastungen in Form von Bandscheiben-Druckkräften (L5/S1) zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgte auf unterschiedliche Weisen: Für die einzelnen Ausprägungen der Rumpfbeugehaltung standen biomechanisch abgeleitete konstante Druckkraftwerte zur Verfügung, die als Tabellenwerte zusammengefasst werden konnten. Dagegen mussten für die verschiedenen Formen der manuellen Lastenhandhabung je nach Ausführungsart (Heben, Umsetzen, Absenken, Tragen oder Halten einer Last), Körperhaltung zu Beginn und Ende des Vorgangs, ein- oder beidhändiger Handhabung, Lashöhe und Lastposition relativ zum Körper spezifische Berechnungsformeln aus den erfassten Expositionsdaten abgeleitet werden. Insgesamt lagen auf diese Weise ca. 1.900 verschiedene Kombinationen der genannten Faktoren in der Studie vor. Da zwischen dem gehandhabten Lastgewicht und der erzeugten Bandscheiben-Druckkraft ein linearer Zusammenhang anzunehmen ist, wurden zur Ableitung von Druckkraft-Bestimmungsgleichungen lineare Regressionen durchgeführt: Für jede Handhabungs-Kombination, bei der im Datensatz mindestens zwei verschiedene Lastgewichte vorlagen, wurden entsprechende Regressionsgleichungen bestimmt. Um die somit erhaltene Zahl von etwa 550 Regressionsgleichungen weiter zu reduzieren, wurden im nächsten Schritt alle Gleichungen ausgeschlossen, die nicht mindestens zehnmal im Datensatz vorkamen, so dass ca. 270 Regressionsgleichungen verblieben. Sehr ähnliche Gleichungen

chungen wurden schließlich zu insgesamt 45 „Basisformeln“ zusammengefasst, mit deren Hilfe dann für ca. 5.000 Arbeitsschichten Tagesdosen berechnet wurden. Anschließend erfolgte die Prüfung der Validität dieser Ergebnisse zunächst durch einen Vergleich der berechneten Tagesdosen mit den ursprünglichen Dosiswerten der DWS I anhand von prozentualen Abweichungen (Kennwert: $\pm 10\%$), dem Bestimmtheitsmaß R^2 , der Intra-Klassen-Korrelation (ICC) und Bland-Altman-Plots (Bland und Altman 1986). In einem iterativen Prozess wurde die Anzahl der Gleichungen durch Zusammenfassung von Piktogrammen und Lasthöhen sowie der Einführung von modulierenden Faktoren anstelle zusätzlicher Gleichungen weiter reduziert und die Validitätsprüfungen jeweils wiederholt. Am Ende dieses Prozesses stand ein „finaler Satz“ von Bestimmungsgleichungen, mit dessen Hilfe die Lebensdosen aller Probanden nach den verschiedenen Dosismodellen, die sogenannten „400er“-Modelle (siehe Jäger et al. 2013), berechnet werden konnten. Diese Lebensdosen wurden anschließend mit den mittels dem biomechanischen Modell „Der Dortmunder“ berechneten Lebensdosen, die sog. „300er“-Modelle (siehe Jäger et al. 2013) verglichen. Als weitere Validierung der Bestimmungsgleichungen wurden die Verläufe der Dosis-Wirkungs-Beziehungen der 400er-Modelle mit denen der 300er-Modelle sowie deren Anpassungsgüte durch den absoluten Akaike Information Criterion(AIC)-Wert und das AIC-Ranking verglichen.

Eine umfassende Beschreibung der Methodik des Projektteils 2 der DWS II-Studie ist dem zugehörigen Abschlussbericht (Seidler et al. 2013) zu entnehmen.

Ergebnisse

Die schrittweise Reduzierung der Anzahl der Formeln führte zu einem finalen Formelsatz von insgesamt 11 Gleichungen für Heben, Absenken, Umsetzen (Tab. 1), Halten und Tragen von Lasten für drei verschiedene Lasthöhen sowie vier modulierende Faktoren (Tab. 2): jeweils ein Faktor für einhändige und asymmetrische Handhabung sowie zwei Faktoren für körperferne Handhabung in zwei verschiedenen Rumpfbeugeklassen.

Tabelle 1: Berechnungsformeln des „finalen Formelsatzes“ zur Abschätzung der Bandscheiben-Druckkraft bei verschiedenen Formen des Hebens, Absenkens und Umsetzens von Lasten (nicht gezeigt: Formeln für Halten und Tragen von Lasten); F= Bandscheiben-Druckkraft in Newton [N], L = Masse der Last in [kg]

Nr.	von	nach	Bestimmungsgleichung
G 1	 aufrecht	 aufrecht	$F = 800 \text{ N} + 45 \text{ N/kg} * L$
G 2	 leicht gebeugt	 aufrecht	$F = 1.100 \text{ N} + 80 \text{ N/kg} * L$
G 3	 stark gebeugt	 aufrecht	$F = 1.900 \text{ N} + 70 \text{ N/kg} * L$
G 4	 leicht gebeugt	 leicht gebeugt	$F = 1.100 \text{ N} + 75 \text{ N/kg} * L$
G 5	 stark gebeugt	 leicht gebeugt	$F = 1.900 \text{ N} + 65 \text{ N/kg} * L$
G 6	 stark gebeugt	 stark gebeugt	$F = 1.900 \text{ N} + 60 \text{ N/kg} * L$

Tabelle 2: Faktoren zur Modifikation der Berechnungsergebnisse bei einhändiger, asymmetrischer und körperferner Lastenhandhabung

Nr.	Ausführung	Rumpfhaltung	Faktor
F 1	einhändig	alle	1,9
F 2	asymmetrisch	alle	1,9
F 3	körperfern	aufrecht bis leicht gebeugt*	1,3
F 4	körperfern	stark gebeugt**	1,1

* Gilt für alle „von-nach“-Kombinationen, bei denen keine starke Rumpfbeugung vorliegt.

** Gilt für alle „von - nach“-Kombinationen, bei denen der Rumpf mindestens in einer Position stark gebeugt ist.

Beispiele zur Anwendung der 11 Bestimmungsgleichungen sind im Abschlussbericht der DWS II-Studie enthalten (Seidler et al. 2013).

In Abbildung 1 sind die Häufigkeiten der prozentualen Abweichungen der mittels „Der Dortmunder“ berechneten und den mit 45 Bestimmungsgleichungen („Formel_45“) bzw. 11 Bestimmungsgleichungen („Formel_11“) ermittelten Tagesdosen dargestellt.

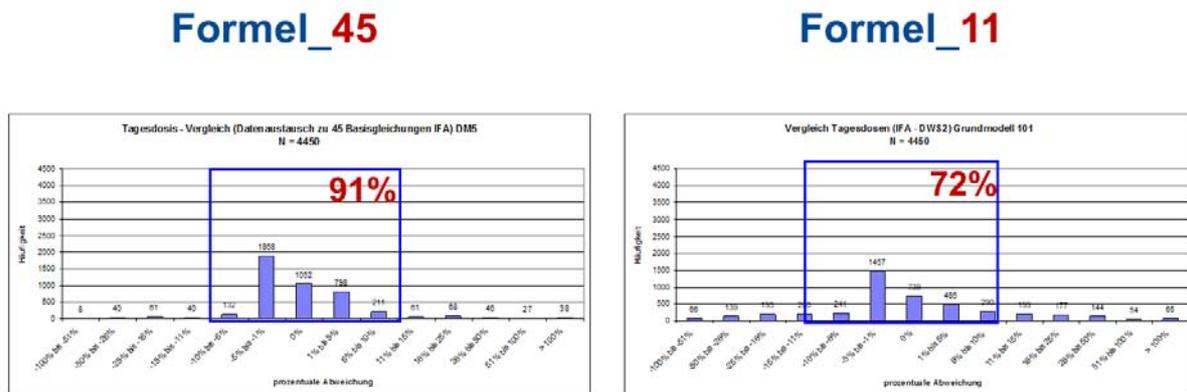


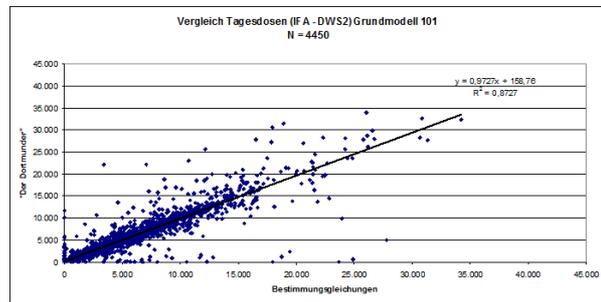
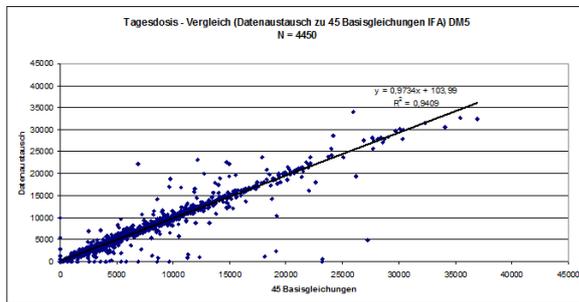
Abbildung 1: Häufigkeiten der prozentualen Abweichungen der Tagesdosen zwischen der Berechnung mittels dem biomechanischen Modell „Der Dortmunder“ und 45 Bestimmungsgleichungen („Formel_45“) bzw. 11 Bestimmungsgleichungen („Formel_11“). Markiert sind die Bereiche von $\pm 10\%$ Abweichung.

Es ergeben sich sehr gute Übereinstimmungen zwischen der Berechnung von Tagesdosen mit 45 Bestimmungsgleichungen und mittels aufwändiger biomechanischer Modellrechnung: 91 % aller Tagesdosen zeigen hier Abweichungen mit weniger als 10 %. Bei einer Reduktion der Gleichungen verschlechtert sich das Ergebnis: Beim finalen Satz von 11 Bestimmungsgleichungen lagen noch 72 % aller Tagesdosen im Bereich von $\pm 10\%$ Abweichung zu den Referenztagesdosen. Dieser Wert kann noch als akzeptabel angesehen werden, eine weitere Reduktion des Formelsatzes ist jedoch nicht zu empfehlen.

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der linearen Regression für den Vergleich der Datensätze der mit 45 („Formel_45“) bzw. 11 („Formel_11“) Bestimmungsgleichungen berechneten und den mittels biomechanischer Modellrechnung ermittelten Tagesdosen dargestellt. Die Korrelation zwischen beiden Datensätzen lässt sich mit $R^2 = 0,941$ und $ICC = 0,970$ als sehr gut für die 45 Bestimmungsgleichungen und mit $R^2 = 0,873$ und $ICC = 0,933$ immer noch als gut für die 11 Bestimmungsgleichungen bezeichnen.

Formel_45

Formel_11



$$R^2 = 0,941$$

$$ICC = 0,970$$

$$R^2 = 0,873$$

$$ICC = 0,933$$

Abbildung 2: Lineare Regression, Bestimmtheitsmaß R^2 und Intra-Klassen-Korrelation (ICC) für den Vergleich der Datensätze Tagesdosen „Der Dortmunder“ und den mit 45 („Formel_45“) bzw. 11 („Formel_11“) Bestimmungsgleichungen berechneten Tagesdosen [Nh].

Abbildung 3 zeigt Bland-Altman Diagramme zum Vergleich der Tagesdosen der mittels biomechanischer Modellrechnung und mit 45 bzw. 11 Bestimmungsgleichungen berechneten Tagesdosen. Das Bland-Altman Diagramm für 45 Bestimmungsgleichungen („Formel 45“) zeigt über den gesamten Expositionsbereich gute bis sehr gute Übereinstimmungen („Nullwerte auf der y-Achse“). Die durchschnittliche Abweichung zwischen beiden Datensätzen beträgt 23 Nh (± 1081 Nh) und die Übereinstimmungsgrenzen („limits of agreement“ = $\pm 1,96$ Stabw.) reichen von ca. -2,1 kNh bis 2,1 kNh.

Formel_45

Formel_11

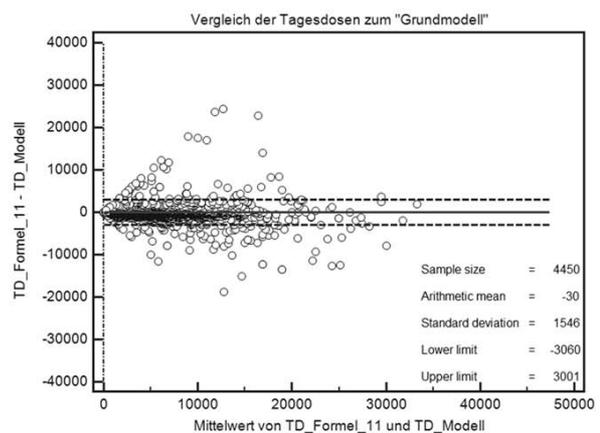
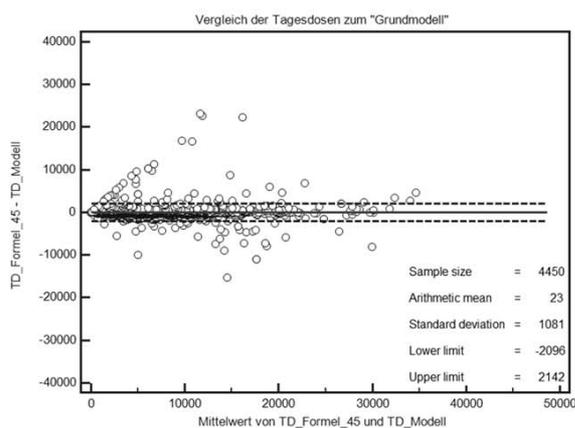


Abbildung 3: Bland-Altman Diagramme zum Vergleich der Datensätze Tagesdosen „Der Dortmunder“ und den mit 45 („Formel_45“) bzw. 11 („Formel_11“) Bestimmungsgleichungen berechneten Tagesdosen [Nh]

Bei Anwendung von 11 Bestimmungsgleichungen („Formel 11“) ergeben sich immer noch akzeptable Übereinstimmungen zwischen beiden Datensätzen mit einer durchschnittlichen Abweichung von -30 Nh (± 1546 Nh) und Übereinstimmungsgrenzen von ca. -3,1 kNh bis 3,0 kNh.

Mit Hilfe der 11 Bestimmungsgleichungen wurden im Folgenden Lebensdosiswerte für alle Probanden der Studie (sog. 400er-Modelle) berechnet.

Die weiteren Validitätsprüfungen zeigten, dass

- die Odds Ratio (OR)-Verlaufskurven für 300er-Modelle (Basis: „Der Dortmunder“) und 400er-Modelle sehr ähnlich sind;
- das Ranking der AIC-Werte für 300er- und 400er-Modelle sehr ähnlich ist;
- sich die absoluten AIC-Werte pro Fallgruppe für 300er- und 400er-Modelle kaum unterscheiden;
- sich auch beim Vergleich der Berechnung der Lebensdosen nach beiden Verfahren eine gute Übereinstimmung ergibt.

Schlussfolgerungen

Die in der DWS-Richtwertestudie entwickelten 11 Bestimmungsgleichungen stellen ein System dar, das eine angemessene Balance zwischen Genauigkeit der Druckkraft-Abschätzung und einfacher Anwendbarkeit in der BK-Praxis gewährleistet. Mit diesem System lassen sich die Kernergebnisse der DWS II-Studie gut reproduzieren. In einem nächsten Schritt kann das hier entwickelte Instrument in die BK 2108-Anamnesesoftware des IFA integriert werden. Hierdurch kann eine weitere Verbesserung der Expositionsermittlung in BK-Feststellungsverfahren für alle Unfallversicherungsträger erreicht werden.

Literatur

Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986(i):307-10. Bolm-Audorff U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Elsner G, Grifka O, Haerting J, Hofmann F, Jäger M, Linhardt O, Luttmann A, Michaelis M, Petereit-Haack G, Seidler A. Deutsche Wirbelsäulenstudie (Abschlussbericht). 2007 www.dguv.de/inhalt/leistungen/versschutz2429/bk/wirbelsaeule/index.html.

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. Erhebungen zur beruflichen Wirbelsäulenexposition durch die Technischen Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger im Rahmen der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed*. 2007;57:251-263.

Jäger M, Luttmann A, Göllner R, Laurig W: 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 2000*; 105-124. Monade, Leipzig.

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

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. Biomechanische Analysen zur Belastung der Lendenwirbelsäule innerhalb der Deutschen Wirbelsäulenstudie. *Zbl Arbeitsmed*. 2007;57:264-276.

Jäger M, Jordan C, Bolm-Audorff U, Ditchen D, Ellegast R, Haerting J, Haufe E, Morfeld P, Schäfer K, Luttmann A, Seidler A. DWS-Richtwertestudie: Entwicklung von Dosismodellen zur quantitativen Beschreibung der kumulativen Belastung der Wirbelsäule durch physische Belastungen im Sinne der Berufskrankheit 2108. Tagungsband der 53. DGAUM Jahrestagung, 13.- 16.März 2013, Bregenz, <http://www.dgaum.de/index.php/jahrestagungen/dokumentationenderjahrestagungen.html>

Morfeld P, Jäger M, Luttmann A, Ellegast R, Ditchen D, Haerting J, Kuss O, Schäfer K, Kersten N, Haufe E, Seidler A. DWS-Richtwertestudie: Methodik der Multi-Modell-Analyse zur Ermittlung von Odds-Ratio-Kurven zu bandscheibenbedingten Erkrankungen an der Lendenwirbelsäule über der Lebensdosis der Bandscheiben-Druckkraft bei physischen Belastungen. Tagungsband der 53. DGAUM Jahrestagung, 13.- 16.März 2013, Bregenz, <http://www.dgaum.de/index.php/jahrestagungen/dokumentationenderjahrestagungen.html>

Seidler A, Bolm-Audorff U, Haerting J, Haufe E, Euler U, Bergmann A, Ditchen D, Ellegast R, Kersten N, Kuss O, Luttmann A, Morfeld P, Schäfer K, Jäger M. DWS-Richtwertestudie: Dosis-Wirkungs-Zusammenhang zwischen physischen Belastungen und Bandscheibenerkrankungen mit dem Ziel der Ableitung von Richtwerten für die Berufskrankheit Nr. 2108 BKV. Tagungsband der 53. DGAUM Jahrestagung, 13.- 16.März 2013, Bregenz, <http://www.dgaum.de/index.php/jahrestagungen/dokumentationenderjahrestagungen.html>

Seidler A, Bergmann A, Bolm-Audorff U, Ditchen D, Ellegast R, Euler U, Haerting J, Haufe E, Jähnichen S, Jordan C, Kersten N, Kuss O, Lundershausen N, Luttmann A, Morfeld P, Petereit-Haack G, Schäfer K, Voß J, Jäger M. Erweiterte Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie mit dem Ziel der Ableitung geeigneter Richtwerte (DWS-Richtwerteableitung). Abschlussbericht. 2013. DGUV.

Statements der beteiligten Studien- zentren und Kooperationspartner

Köhler: Meine Damen und Herren, wir sind jetzt hier in dieser Runde versammelt. Wir haben jetzt schon eine Menge Eindrücke gewonnen, wollen uns aber doch noch für die anschließende Diskussionsrunde thematisch ein bisschen aufwärmen. Was wir bisher gehört haben, war im Wesentlichen deskriptiv. Das war auch so gewünscht. Wir kommen jetzt zu einem normativ-wertenden Teil und wollen uns den Fragen, die uns dann auch in der Diskussion beschäftigen, schrittweise nähern. Ich darf nun die Referenten aus den beteiligten Studienzentren und von den Kooperationspartnern bitten, jeweils 5-Minuten-Statements abzugeben, um so noch einmal die Eindrücke aus ihrer Sicht in sehr konzentrierter Form wiederzugeben, vielleicht auch Eindrücke, die sich in der wissenschaftlichen Darstellung des ersten Blocks nicht so ganz unterbringen ließen. Sie haben gesehen, dass wir im Programm eine gewisse Reihenfolge aufgenommen haben, die ich auch einhalten möchte. D. h. wir würden beginnen mit Herrn Bolm-Audorff, Herrn Ellegast, Herr Haerting ist ja erkrankt, wie wir gehört haben, kämen dann zu Herrn Jäger, Herrn Schäfer, Herrn Seidler und Herrn Morfeld. In dieser Reihenfolge bitte ich jetzt um die Beiträge und darf Sie jeweils herzlich auffordern, sich an die Zeitvorgabe von 5 Minuten zu halten. Bitteschön, Herr Bolm-Audorff.

Bolm-Audorff: Ich möchte mein Statement mit dem Best-Modell beginnen, das hier vorgestellt worden ist und bewerte es aus meiner Sicht dahingehend, dass es zu einer Verdopplungsdosis geführt hat, mit aus meiner Sicht sensationell engen Konfidenzintervallen. Wenn Sie sich die Darstellung von Herrn Seidler noch einmal vor Augen führen, ist das aus meiner Sicht ein sehr griffiges Ergebnis, das am Ende dieser Studie steht. Was mir ein gutes Gefühl gibt, ist, dass diese Richtwerte, teilweise das MDD betreffend, die Druckkräfte bestätigt haben, andererseits, betreffend die Tagesdosis und die Rumpfbeugung, deutlich niedrigere Werte vorschlägt. Ich gehe davon aus, dass wir mit diesen Richtwerten auf der sicheren Seite liegen. Wie geht es mit der Studie weiter? Es wird jetzt sicherlich erst einmal der Abschlussbericht abzustimmen sein und es wird eine Veröffentlichung folgen müssen. Irgendwann wird diese Studie auch im Ärztlichen Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ beim BMAS landen. Dort wird dann zu beraten sein, ob dieses Ergebnis irgendeine Auswirkung auf die Berufskrankheit-Nr. 2108 hat. Es gibt aus meiner Sicht zwei Möglichkeiten: Die eine Möglichkeit ist, dass die Legaldefinition geändert und an die DWS II angepasst wird. Das betrifft im Wesentlichen die extreme Rumpfbeugehaltung, die mit dem jetzigen Best-Modell aus meiner Sicht nicht vereinbar ist, weil 45° keine extreme Rumpfbeugehaltung darstellt. Die zweite Möglichkeit ist, dass die Sachverständigen sagen, nein, das Ergebnis ist uns nicht durchschlagend genug, die Legaldefinition soll so bleiben und es wird allenfalls eine wissenschaftliche Stellungnahme erarbeitet, um dieses Ergebnis für die Praxis anwendbar zu machen. Ferner möchte ich eine eventuelle Hauptstudie zur Begutachtung der BK-Nr. 2108 ansprechen. Ich habe hier eine Machbarkeitsstudie vorgestellt. Die Forschungsnehmer empfehlen der DGUV, die Hauptstudie durchzuführen. Aus unserer Sicht muss dieses nicht-adjustierte Ergebnis, das ich hier präsentiert habe, in einer multivariaten Studie überprüft werden, um in der Wissenschaft Bestand zu haben. Das betrifft vor allem die Ergebnisse zur Begleitspondylose, die eine starke Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Übergewicht zeigt. Das kann man so auf einer bivariaten Ebene nicht stehen lassen. Ferner bin ich der Auffassung, wenn die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie in der multivariaten Studie Bestand haben, muss aus meiner Sicht die Konsensempfehlung zur Begutachtung der BK-Nr. 2108 überarbeitet werden, weil wesentliche Punkte der Konsensempfehlung durch die Machbarkeitsstudie infrage gestellt werden. Vielen Dank.

Ellegast: Mein Statement möchte ich auf die zentralen Ergebnisse beziehen und zwar erst einmal zum Teil 1 der DWS-Richtwertestudie. Es ist zunächst festzustellen, dass einige MDD-Grundgedanken durch die Ergebnisse bestätigt werden. Wir haben zum einen die quadratische Wichtung der Bandscheibenkompressionskraft bei der Berechnung von Tagesdosen, die bestätigt wurde. Zum anderen ist das prinzipielle Vorhandensein von ge-

schlechtsspezifischen Schwellen für die Einzelbelastungen, die Tagesdosen und die Lebensdosen bestätigt worden. Im Vergleich zur DWS I, wo wir die Schwellen nicht variiert haben und daher hierzu keine Aussage treffen konnten, sind wir nun einen Schritt weiter. Zu den einzelnen Schwellen: Bei den Einzelbelastungen, die in die Berechnung der Tagesdosis eingehen, wurden die alten MDD-Schwellen bestätigt, also Bandscheibenkompressionskräfte von 3,2 kN für Männer und 2,5 kN für Frauen. Die Ableitung war hier nicht ganz einfach, weil viele Modelle eine gute Anpassungsgüte ergeben haben, wie man in der Ergebnispräsentation sehen konnte. Insbesondere bei Männern zeigten auch relativ hohe Schwellen für die Kompressionskraft eine gute Anpassungsgüte. Hier fand ich es sehr hilfreich, dass die Mittelungsverfahren von Herrn Morfeld zu einer Zusammenfassung geführt haben, bei der die Informationen aus den Studiendaten dennoch erhalten geblieben sind. Die Ergebnisse sind kompatibel zu den Schwellenwerten für Kompressionskräfte, die international im Zusammenhang mit Gefährdungsbeurteilungen angewandt werden. Bei den Rumpfbeugehaltungen sieht es schwieriger aus. Man muss immer im Hinterkopf behalten, dass wir nur ein Maß der Wirbelsäulenbelastung berücksichtigt haben, nämlich die Bandscheibenkompressionskraft. Und diese Kompressionskräfte unterscheiden sich bei verschiedenen Rumpfneigungen, z. B. 45°, 75° oder 90°, kaum. Das bedeutet, die geringe Differenzierbarkeit der unterschiedlichen Rumpfbeugeschwellen in den Ergebnissen könnte auch darauf zurückzuführen sein, dass neben der Kompressionskraft auch andere Schädigungsmechanismen eine Rolle spielen könnten. Die nun ermittelte 45° Rumpfbeugeschwelle ist somit das Ergebnis der durchgeführten Mittelung. Die genannten Limitationen dürfen dabei nicht vergessen werden. Zu den Tagesdosis-schwellen: Hier ist festzuhalten, dass die Existenz von Tagesdosis-schwellen durch die Studienergebnisse bestätigt werden kann. Ich möchte darauf hinweisen, dass es einen Unterschied zwischen Muskel-Skelett-Belastungen und anderen, z. B. Gefahrstoffexpositionen gibt. Der Mensch braucht eine gewisse Grundbelastung, die bis zu einer bestimmten Höhe sogar gesundheitsförderlich ist. Muskel-Skelett-Beschwerden und -Erkrankungen treten auch dann auf, wenn der Mensch sich zu wenig bewegt. Muskelatrophie und andere Degenerationerscheinungen sind oft die Folge von Bewegungsmangel. Hier erscheint es biologisch plausibel, gerade im Tagesbereich eine Schwelle einzuführen, auch wenn sie niedrig ist, weil das Fehlen einer Tagesdosis-schwelle impliziert, dass sämtliche Belastungen kumulativ zu einer Schädigung führen. Dies ist beim Muskel-Skelett-System offenkundig nicht der Fall. Die in der DWS II abgeleiteten Tagesdosis-schwellenwerte liegen deutlich unterhalb denen des alten MDD-Modells mit 2 kNh für Männer (MDD: 5,5 kNh) und 0,5 kNh für Frauen (MDD: 3,5 kNh). Kommen wir zu den Lebensdosis-schwellen: Da bin ich nicht der Ansicht meines Vorredners. Hier haben wir aus meiner Sicht das größte Problem. Es ist gut, dass wir jetzt mit 7 MNh für Männer und 3 MNh für Frauen eine Schätzung haben. Aber die Konfidenzintervalle sind nur auf der y-Achse eng, nämlich bei den Odds Ratios. Auf der x-Achse, bei der Exposition, haben wir sehr, sehr große Konfidenzintervalle, wie das auch in der Präsentation von Herrn Seidler deutlich wurde. Mit Ausnahme der Fallgruppe 1, wo die Konfidenzintervalle zwischen 1 und 23 MNh liegen, haben wir in allen anderen Fallgruppen Konfidenzintervalle von unter 1 MNh bis unendlich bzw. größer 200 MNh. Was bedeutet das im Klartext? Das bedeutet, wenn wir die Studie wiederholen würden, könnte es auch sein, dass der Odds Ratio-Schnittpunkt bei 2 (Verdoppelungsrisiko) erst bei einer doppelten oder dreifachen Lebensdosis-schwelle (bei Männern z. B. 14 MNh oder 21 MNh) liegen könnte. Wir finden also einen extrem großen Graubereich bzgl. der Ableitung einer Lebensdosis-schwelle. Das ist m. E. die schwerwiegendste Limitation dieser Studie, dass man das Verdoppelungsrisiko nicht mit vertretbarer Genauigkeit bestimmen kann. Auf der anderen Seite ist eine Ableitung hinreichend genauer Verdoppelungsrisiken bei einer so komplexen Studie vielleicht auch schwierig zu erreichen. Bei Festlegung der nun abgeleiteten Werte – 7 MNh für Männer und 3 MNh für Frauen – erreichen ca. 38% der männlichen und ca. 35% der weiblichen DWS-Kontrollprobanden aus der Wohnbevölkerung diesen Wert. Dabei muss

man zusätzlich bedenken, dass viele DWS-Kontrollen die Lebensdosischwelle nur aufgrund ihres Lebensalters zum Zeitpunkt der Erhebung nicht erreicht haben: z. B. wird ein ca. 40-jähriger Mann, der in 15-jähriger Beschäftigungszeit eine kumulative Lebensdosis von 5 MNh erreicht hat und deswegen zu den DWS-Kontrollpersonen unterhalb der Lebensdosischwelle gehört, bei Fortführung seiner Tätigkeit im Alter von 55 Jahren 10 MNh erreichen und damit deutlich oberhalb der Schwelle liegen. Es ist also ein nicht zu vernachlässigender Anteil von Personen zusätzlich zu den 38% der Männer und 35% der Frauen zu berücksichtigen, die im Laufe ihres Berufslebens die abgeleiteten Verdoppelungsdosiswerte überschreiten werden. Es ist zu diskutieren, ob unter diesen Rahmenbedingungen noch von einer besonderen Einwirkung im Sinne des SGB VII gesprochen werden kann. Letztendlich ist dies weniger eine wissenschaftliche, sondern eher eine sozialpolitische oder juristische Entscheidung. Zudem möchte ich auch darauf aufmerksam machen, dass, wenn wir das derzeit nach dem BSG-Urteil angewandte Modell mit dem aus der Studie abgeleiteten Dosismodell vergleichen, die absoluten Lebensdosiswerte in MNh leider nicht vergleichbar sind. Der Schwellenwert der Lebensdosis von 12,5 MNh des BSG-Urteils ist eine andere MNh-Zahl als die nun in der Studie abgeleitete Schwelle von 7 MNh, da die Berechnung der kumulierten Lebensdosis stark von den Schwellen für Einzelbelastungen und Tagesdosen abhängen. Wenn sich die Schwelle von 2,7 kN auf 3,2 kN erhöht, ergeben sich unterschiedliche absolute kumulierte Lebensdosen bei gleichem individuellen Expositionsprofil. Das muss man unbedingt bei dem Vergleich der Modelle beachten. Das BSG-Modell gehörte zumindest für Fallgruppe 1, das sind die männlichen Prolaps-Patienten, nicht zu den best-anpassenden Modellen. Hier besteht aus meiner Sicht Bedarf, die derzeitige Praxis zur Beurteilung der arbeitstechnischen Voraussetzungen in BK-Nr. 2108-Feststellungsverfahren zu überdenken. Ganz kurz zu Projektteil 2 der DWS-Richtwertestudie: Hier liegt nun ein praktikables System von 11 Bestimmungsgleichungen vor, das wissenschaftlich gut abgesichert ist und mit dem sich die Kernergebnisse der Studie gut reproduzieren lassen. Ich glaube wir sind – um auf das Bild des Berges von Herrn Kranig zurückzukommen – einen erheblichen Schritt weiter. Wir haben in vielen Punkten erhebliche Fortschritte gemacht und bei den Fragen, die noch offen sind, z. B. der Festlegung einer Lebensdosischwelle, bin ich auf die weitere Diskussion gespannt. Vielen Dank.

Jäger: Ich stimme mit vielem überein, was meine Vorredner bereits gesagt haben. Ich erlaube mir einen etwas eigenen, persönlichen Rückblick. *Wo standen wir vor etwa 20 Jahren?* Welche Situation hatten wir da? Eigentlich nicht eine, sondern stattdessen hatten wir zwei Situationen, zwei Lösungen in Ost und West, und vor ziemlich genau 20 Jahren wurde dann die BK-Nr. 2108 eingeführt. *Vor etwa 15 Jahren* gab es verschiedene Bewertungsverfahren und einige sprachen sogar von Ungleichbehandlung der Versicherten. Die MDD-Entwickler hatten sich daran gemacht und irgendwie versucht, einen Kompromisskonsens zu entwickeln. Mit der Publikation des MDD hatten wir sozusagen Gewissheit, dass wir eigentlich kein Wissen haben, sondern eher nur Hinweise auf den Zusammenhang zwischen Heben und Tragen und der Entwicklung von LWS-Erkrankungen. Doch die Autoren waren recht weise: Sie konstatierten die eingeschränkte Datenbasis und empfahlen weitere, intensive Forschungsarbeit. Dieser Ruf wurde erhört, nämlich vom Hauptverband, und es wurde eine Ausschreibung veranlasst und eine Studiengruppe ausgewählt, so dass wir *vor 10 Jahren* den Beginn der DWS hatten. *Was war dann vor etwa 5 Jahren* das Ergebnis? Wir hatten einen Nachweis für ein erhöhtes Erkrankungsrisiko für Prolaps und Chondrose, für Männer und für Frauen, und wir hatten, so schien es, ein Erkrankungsrisiko unterhalb der MDD-Kriterien nachgewiesen, die aber in Anlehnung der BK-Merkblatt-Kriterien abgeleitet waren, also auch der BK-Kriterien sind. Der Nachteil war, wir hatten keine streng wissenschaftlich begründeten Richtwerte abgeleitet, da sie damals nicht ableitbar waren. Und *vor etwa 4 Jahren* haben wir wieder den Ruf erhört bekommen, nämlich für die DWS-Richtwertestudie. Und

vorhin hatte ich bereits erwähnt, dass wir es uns damit nicht einfach gemacht haben: Wir haben mehrere Sensitivitätsanalysen durchgeführt, eigentlich ein Hauptstrang, aber noch einzelne Hakenschlüge dazu, wie ein Hase auf freiem Feld. Was haben wir *nun* für Ergebnisse? Was sind die „Essentials“? Wir haben Dosis-Wirkungs-Beziehungen auf Basis der Bandscheiben-Druckkraft – das ist eingeschränkt, ich gehe da gleich noch darauf ein – aber diese können wir kumulieren. Wir haben eine Bestätigung der Dosis-Wirkungs-Beziehungen für Männer und Frauen, wir haben kontinuierliche Daten anstatt gruppierter/kategorisierter Daten ausgewertet, und wir haben für dieses sehr ausgeprägte Krankheitsbild, das aber eher selten ist, eine Bestätigung der Dosis-Wirkungs-Beziehung. Herr Kranig, wenn Sie von einer Volkskrankheit sprechen, dann mag ich aufgrund der Prävalenzen eigentlich nicht zustimmen: Low-back-Pain mag aus meiner Sicht eine Volkskrankheit sein, aber die BK-Wirbelsäulenerkrankung scheint mir keine Volkserkrankung zu sein, ich unterscheide dies. Was haben wir noch festgestellt? Eine überproportionale Kraftwichtung ist nicht nur angemessen, sondern sie wurde jetzt auch bestätigt, und die „Vollwertberücksichtigung“ ist zumindest nicht unangemessen. Wir haben niedrigere Richtwerte als im MDD für die drei Kriterien (Druckkraft, Rumpfneigung, Lebensdosis) heraus bekommen, und wir haben dies mit einem sehr umfassenden Methodenspektrum, einige sagen sogar einem sehr innovativen, untersucht. Und wir haben einen gewissen Vorteil: Die Belastung haben wir sehr umfassend, sehr vielfältig beschrieben. Selbst unsere Bestimmungsgleichungen (zur Abschätzung der Bandscheiben-Druckkraft) sind ja noch immer viel besser als alles, was Sie ansonsten in der Literatur finden. Und das ganze hat einen besonderen Charme: Wir können Äpfel und Birnen und sogar Zitronen addieren. Denn sowohl Lastenhandhabungen verschiedener Ausprägung und Intensität und Körperhaltungen verschiedener Ausprägung und Intensität können wir versuchen zu addieren. Und dies tun wir, und wir haben dort bestätigte Dosis-Wirkungs-Beziehungen gefunden. Allerdings ist noch die Frage von Leitbelastungen offen, also die Frage, welche Expositionen besonders geeignet sind, Erkrankungen zu induzieren: Beispielsweise Spitzenbelastungen oder auch die Häufung von Spitzen, also Arbeitsverdichtung und die Frage der Asymmetriebelastung, auf die wir nur rudimentär eingegangen sind. So bleibt mir am Ende nur diese Anmerkung: Ich danke den Kollegen der DWS I und II – und ich nenne sie Mitstreiter, nicht Gegenstreiter – Mitstreiter für eine gute Sache. Ich danke dem Projektträger der DWS I und II und allen Mitgliedern der Forschungsbegleitkreise und Ihnen allen für Ihre Aufmerksamkeit. Danke.

Schäfer: Mein Statement fällt nunmehr relativ kurz aus, da ich nicht die Statements der Kollegen wiederholen möchte. Lassen sie mich nur zwei Anmerkungen machen. Zum einen, um auf das Bild von Herrn Kranig zurück zu kommen, sind wir nunmehr nach 20 Jahren Wirbelsäulen-BKEn auf jeden Fall viel, viel weiter als wir es vor 20 Jahren waren. Zum anderen hat die Deutsche Wirbelsäulenstudie Teil I und II eine sehr gute Basis geschaffen, ich würde sagen ein Fundament: zum einen für unser Wissen, zum anderen auch für unsere zukünftigen Entscheidungen in diesem Feld, das ja nicht ganz einfach ist. Nach ausgiebiger fachlicher Diskussion und maßvoller Interpretation, so bin ich mir ziemlich sicher, werden die Ergebnisse der DWS in der Zukunft als Datenbasis bestehen. Erlauben Sie mir ganz zum Schluss eine persönliche Stellungnahme: Ich bin überrascht, nahezu begeistert, dass mit einem biomechanischem Ansatz und einem sehr einfachen mathematischen Algorithmus so etwas Komplexes wie die Wirbelsäulenerkrankung überhaupt beschreibbar ist. Wir haben hier Ergebnisse gesehen, die vielleicht dem einen oder anderen wie Zitronenwasser aufstoßen, das mag durchaus sein, aber sie sind in sich konsistent. Wir haben mit einem sehr einfachen Ansatz etwas beschrieben von dem wir vor 20 Jahren gesagt hätten, das geht überhaupt nicht! Und das finde ich bewundernswert. Danke.

Seidler: Wie es in der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung üblich ist, saßen wir jahrelang wie Platon in der Höhle, und das Leben der großen Welt (der BK-Nr. 2108) konnten wir lediglich in Schatten an der Wand verfolgen. Uns blieb nichts anderes übrig, als ein Modell dieser (BK-Nr. 2108) aus allen Informationen zu bilden, die wir aus diesen Schatten ableiten konnten. Hieraus haben wir nun ein Modell erzielt, das wir „Best Estimate“ nennen. Wir haben den Informationsgehalt unserer Daten optimal ausgenutzt, so dass unser Verfahren nicht eigentlich mehr ein statistisches ist. Vielmehr stellt unser Verfahren den Versuch dar, alle Informationen heraus zu kristallisieren und in ein Modell, eben in die „Best Estimate“, hinein zu „pfropfen“. Und dazu ist zunächst zu sagen: Es gibt nur eine „Best Estimate“. Diese „Best Estimate“ ist durch viele verschiedene Eigenschaften gekennzeichnet. Würde man nur eine Eigenschaft verändern, beispielsweise die Druckkraftschwelle oder die Rumpfvorneigungsschwelle oder die Tagesdosischwelle oder die Lebensdosischwelle, dann würden neue Berechnungen und neue wissenschaftliche Interpretationen erforderlich werden. Die „Best Estimate“ als Ergebnis unserer DWS-Richtwertestudie spiegelt deutlich erhöhte Bandscheiben-Erkrankungsrisiken durch berufliche körperliche Belastungen wider: In der „klassischen“ kategorisierten Darstellung hat Bolm-Audorff die Odds Ratios soeben „sensationell“ genannt. Immerhin müssen wir sagen, wir finden hohe Odds Ratios um die 3, die sich üblicher Weise bei Berufskrankheiten nicht finden lassen. Und wir finden in der kategorisierten Darstellung enge Konfidenzintervalle, die mit einer unteren 95%-Konfidenzgrenze um die 2 (oder sogar darüber) beginnen, auch das sehen wir üblicher Weise nicht bei Berufskrankheiten. Es gibt aber durchaus auch Probleme: Wenn wir uns anschauen, wo stehen wir mit unseren Ergebnissen – unseren „Best Estimates“ – aus der DWS-Richtwertestudie im Vergleich mit anderen Dosismodellen, dann stellt für uns ja die Anpassungsgüte ein wesentliches Beurteilungskriterium dar: Ausgegangen sind wir von sogenannten Grundmodellen. Wir sehen, dass in Fallgruppe 1 die Best Estimate noch knapp 2 AIC-Punkte besser abschneidet als das Grundmodell. In Fallgruppe 3 schneidet die Best Estimate nahezu genauso gut ab wie unser Grundmodell. Aber Herr Ellegast hat bereits darauf hingewiesen, dass wir bei Anwendung unserer „Best Estimate“ eine Expositionsprävalenz von 38% unter den Kontrollpersonen haben. Da die Kontrollpersonen in unserer bevölkerungsbezogenen Studie einen Ausschnitt aus der Allgemeinbevölkerung darstellen, dürfte auch die Expositionsprävalenz in der Allgemeinbevölkerung etwa in dieser Größenordnung liegen. Da stellt sich natürlich die Frage, wann liegen besondere Einwirkungen im Sinne des Sozialgesetzbuches VII vor? Welche Einwirkungen umfasst die Legaldefinition der BK-Nr. 2108? Ist eine Rumpfvorneigung von 45° vereinbar mit der Legaldefinition „extreme Rumpfvorneigung“? Und da möchte ich doch noch einmal das „BSG-Modell“ anführen, auch wenn ich weiß, dass es mit vielen Emotionen behaftet ist. Wir finden bei Anwendung des „BSG-Modells“ eine Expositionsprävalenz von 20% bei den Männern; diese Expositionsprävalenz ist nur halb so hoch wie die Expositionsprävalenz bei Anwendung unserer „Best Estimate“. Wir finden bei Anwendung des „BSG-Modells“ eine Abbildungsgüte, die bei Männern mit Prolaps – wenn auch nur knapp – außerhalb des 95%-Konfidenzintervalls liegt. Bei Männern mit Chondrose weist das BSG-Modell eine Abbildungsgüte auf, die formal ein kleines bisschen besser, praktisch genauso gut ist wie die des Grundmodells oder die unseres Referenzdosismodells. Meiner Ansicht nach ist das BSG-Modell daher nicht nur wissenschaftlich vertretbar; vielmehr könnte es auch eine Grundlage zur Lösung der Probleme bilden, die sich uns vor dem Hintergrund der Legaldefinition der BK-Nr. 2108 stellen. Vielen Dank.

Morfeld: Ich möchte zwei Aspekte betonen. Der eine Aspekt betrifft die Fähigkeit der Studie, überhaupt eine Dosis-Wirkungs-Beziehung belastbar abbilden zu können. Ich glaube, dazu gab es in der Vergangenheit kontroverse Diskussionen, aber das hat sich zumindest in dem Kreis der Forschungsnehmer mehr oder minder erledigt. Es gibt einen klaren Dosiswirkungszusammenhang, aber, und jetzt komme ich zum zweiten Aspekt, es gibt Probleme bei einfa-

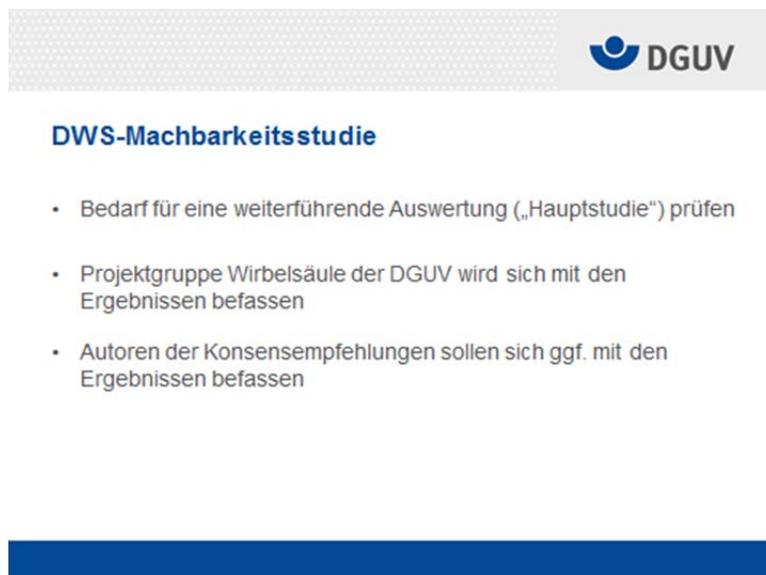
cher Interpretation dieses Zusammenhangs. Zunächst: Er ist nicht monoton. Diese Nicht-Monotonie macht besondere Schwierigkeiten im üblichen BK-Denken, wonach alle Personen oberhalb einer Expositionsschwelle aufgrund ihres erhöhten Risikos zu entschädigen sind. Ein wieder sinkendes Risiko bei noch höherer Exposition ist im BK-Denken also nicht einfach zu verarbeiten. Als offene Frage bleibt, was man mit einem solchen Befund macht? Und das vor dem Hintergrund der Unsicherheitsdiskussion, die eine zweite Problematisierung bedeutet. Diese Best Estimates, die wir als Punktschätzer aus der Studie bekommen, sind das nun die Werte, an den man sich orientieren sollte, auch bei der gleichzeitig ausgewiesenen extrem hohen Unsicherheit dieser Punkte? Oder kann man das komplexe Ergebnis, das wir unter Berücksichtigung aller vorliegenden Informationen mühsam ermittelt haben, jetzt auch in einer anderen Form vereinfacht zusammenfassen? Vielleicht so stark reduziert, wie Herr Seidler es gerade vorschlug, wonach wir einfach mit dem BSG-Modell arbeiten sollten, denn dies sei doch ähnlich und es verbannt alle Probleme wie Nicht-Monotonie und Unsicherheit aus dem Diskussionsraum. Vielleicht hierzu ein Beispiel aus einem ganz anderen Feld. Als Anfang der 60er Jahre die große Raumfahrt-Euphorie aufkam, war nicht nur der Mond von Interesse. Kennedy hatte das große Programm der bemannten Mondfahrt gestartet, aber die Amerikaner waren auch am Mars interessiert, bis heute. Es gab Schätzungen zur Dichte der Marsatmosphäre. Und diese Daten waren zur Motivation wichtig, weil man wusste, auf dem Mond gibt es keine Luft, aber auf dem Mars gibt es ein bisschen Luft, vielleicht gibt es dort sogar so viel Atmosphäre, dass es Leben gegeben hat oder sogar immer noch gibt. Und je dichter die Marsatmosphäre, desto mehr Interesse hatten auch Politiker an dieser Fragestellung. Man hat von der Erde aus mit Teleskopen gemessen und versucht die Marsatmosphäre in ihrer Dichte einzuordnen. Schließlich wurde als Best Estimate ein Zehntel der Erdatmosphäre berichtet. Mitte der 60er Jahre sind dann die Mariner-Sonden um den Mars geflogen und haben erstmals gemessen und die Werte lagen bei einem Hundertstel der Erdatmosphäre oder darunter. Das gab einen Schock, weil die Schätzungen, die vorher von den Astronomen aufgrund der Teleskopmessungen abgegeben worden sind, deutlich anders waren. Aber als man dann die Daten noch einmal sichtete, wurde klar, dass 1/10 der Erdatmosphäre nur der Punktschätzer war, die Unsicherheiten waren gigantisch. Es gab gar keinen Widerspruch zwischen den Messungen der Raumsonden und dem was die Astronomen vorher mit Teleskopen gesehen hatten, man hatte sich nur zu sehr auf den Punktschätzer eingeschossen. Hier sehe ich eine Parallele in dem Sinne, dass wir mit der Studie einen Dosiswirkungszusammenhang klar erkennen, das ist keine Frage, aber wenn es um die zentrale Aufgabenstellung geht, also um die Frage, wo liegt die Verdoppelungsdosis, wir einen Punktschätzer ermittelt haben, der aus unterschiedlichsten Gründen mit einer großen Unsicherheit daher kommt. Ich habe versucht, Ihnen mit einigen Modellen zu zeigen, dass dies nicht nur an der Nicht-Monotonie liegt, es liegt auch an der innewohnenden Unsicherheit. So sind die Expositionsdaten schon in den Grunderhebungen unsicher. Wir wissen, dass gerade bei den sehr niedrig Exponierten andere Erhebungsverfahren eingesetzt worden sind. Der Bereich, der uns besonders interessiert, ist mit anderen Verfahren durchleuchtet worden, nicht so präzise wie die hohen Expositionen. Wir wissen, wir haben auch Diskussionen auf der Responseseite, sonst gäbe es die Folgestudie nicht. Es sollte uns also nicht wundern, dass wir kein scharfes Ergebnis erhalten. Also ich denke, das ist auch nichts, was die Wissenschaft an dieser Stelle entscheiden kann, genauso wenig wie damals die Astronomen mit ihren Messungen. Sondern man muss das alles zusammen nehmen und sich dazu Gedanken machen. Wir haben eben diese Punktschätzer, einige mögen diese überraschend niedrig finden. Ich finde diese Werte gar nicht so überraschend, wenn man gleichzeitig die große Unsicherheit hinzu denkt. Danke.

Zusammenfassung/Ausblick

Zusammenfassung/Ausblick

Dr. Wolfgang Römer

Als Erstes ist festzuhalten, dass wir heute Zeuge einer wissenschaftlichen Großtat geworden sind. Ich bin mir ziemlich sicher, dass bisher keine andere Berufskrankheit mit einem vergleichbaren Aufwand auf ihre Berechtigung und ihre Handhabbarkeit hin untersucht wurde. Bei aller noch bestehenden Unsicherheit haben wir doch neue Erkenntnisse gewonnen. So ist z. B. das neue Rechenmodell für die Praktiker von großer Bedeutung. Die neuen Bestimmungsgleichungen zur Berechnung der Druckkräfte erscheinen wissenschaftlich gut abgesichert, da sich mit ihrem Einsatz die Kernergebnisse der vorliegenden Reanalyse gut reproduzieren lassen. Trotz ihrer erhöhten Komplexität im Vergleich mit den bisher im BK-Ermittlungsverfahren eingesetzten Bestimmungsgleichungen können die neuen Formeln als praxistauglich angesehen werden. Für die Einschätzung ist zu beachten, dass sich – ohne Sicherheit bei der Ermittlung der Exposition – die Diskussion weiterer Fragen im Grunde erübrigt. Wären bei der Expositionsermittlung bzw. den Rechenmodellen grobe Fehler zu befürchten, dann sind auch alle weiteren Erkenntnisse in Frage zu stellen.



The image shows a slide from a presentation. At the top right, there is the DGUV logo, which consists of a blue stylized figure and the letters 'DGUV'. Below the logo, the title 'DWS-Machbarkeitsstudie' is written in blue. Underneath the title, there is a bulleted list with three items:

- Bedarf für eine weiterführende Auswertung („Hauptstudie“) prüfen
- Projektgruppe Wirbelsäule der DGUV wird sich mit den Ergebnissen befassen
- Autoren der Konsensempfehlungen sollen sich ggf. mit den Ergebnissen befassen

Nun zu den weiteren Erkenntnissen. Wir haben uns heute mit zwei Studien beschäftigt. Zunächst zur DWS-Machbarkeitsstudie. Es ging um die Frage, ob und inwieweit mit Hilfe der Daten der DWS Hinweise für die Beantwortung begutachtungsrelevanter Fragen zu gewinnen sind. Eine wesentliche Kontroverse rankt sich um die Bedeutung der Begleitspondylose. Wir kennen nun zumindest den Protagonisten, nämlich den „German Gigolo“, so würde ich ihn nennen: alt, übergewichtig und immer in Begleitung einer Spondylose.

Es wird Aufgabe der Projektgruppe Wirbelsäule der DGUV sein, sich mit den Ergebnissen und den Empfehlungen aus der Machbarkeitsstudie auseinanderzusetzen. Die wesentlichen Fragen werden sein: Wissen wir nun schon genug? Wenn ja, dann werden sich auch die Autoren der Konsensempfehlungen mit diesen Ergebnissen beschäftigen müssen. Kommen wir zu dem Schluss, dass uns noch Erkenntnisse fehlen und erwarten wir, dass sich diese durch eine weitere Studie gewinnen lassen, dann sollten wir diese in Auftrag geben.

DWS-Richtwerteableitung I

- Derzeit keine 100%ige Überführung der Ergebnisse in die Praxis möglich
 - Grenzen des bestehenden rechtlichen Rahmens prüfen
 - Ergebnisse bedürfen einer wertenden Einordnung
- BK-rechtliche Diskussion mit dem Verordnungsgeber unter Einbeziehung der relevanten Fachgesellschaften
- Ggf. anschließend Anpassung der IFA-Expositionssoftware

Nun zum zweiten Teil, der DWS Richtwertestudie. Derzeit ist mit Sicherheit noch keine 1:1 Überführung der Ergebnisse in die Praxis möglich, da denke ich sind wir uns einig. Wir müssen zunächst die Grenzen des bestehenden rechtlichen Rahmens prüfen. Dies betrifft insbesondere die Rumpfbeuge, bei der sich der Verordnungsgeber mit der Vorgabe „extreme Rumpfbeuge“ ziemlich klar geäußert hat. Dies lässt sich mit den in der Studie gefundenen 45° – oder gar weniger – kaum vereinbaren. Auch die Anforderung „langjähriges Heben oder Tragen schwerer Lasten“ lässt sich insbesondere bei Frauen mit den nun genannten Werten nur schwer in Übereinstimmung bringen.

Auch wenn der Verordnungsgeber in Anbetracht dieser Ergebnisse eine Lockerung der Vorgaben für die BK-Nr. 2018 erwägen sollte, ist er an die Grenzen des BK-Rechts gebunden. Nur besondere Einwirkungen, denen bestimmte Personengruppen durch ihre versicherte Tätigkeit in erheblich höherem Grade als die übrige Bevölkerung ausgesetzt sind, können zu einer BK führen. Hier kann man ins Zweifeln kommen, wenn in der Kontrollgruppe um die 40 % die vorgeschlagene Dosis erreichen. Dabei haben wir auch noch zu beachten, dass diese Personen noch nicht am Ende ihres Arbeitslebens waren. Es ist daher zu erwarten, dass dann über die Hälfte der Kontrollgruppe zum belasteten Personenkreis zählen würde. Dies und andere Erkenntnisse aus der Studie werden bei einer rechtlichen Diskussion mit dem Verordnungsgeber, unter Einbeziehung der relevanten Fachgesellschaften, zu erörtern sein.

Finden wir hierfür Lösungen, dann müssen wir die IFA-Expositionssoftware anpassen. Wir brauchen ein neues Rechenmodell, neue Grenz- und Dosiswerte. Dies führt zu einem weiteren Problem. Ist es nach den Studienergebnissen zulässig, bestimmte Erkenntnisse, die wir für gesichert halten, aus den bestehenden Modellen zu lösen und neu zu kombinieren? D. h. kann ich sagen, das „BSG-Modell“ ist ja eigentlich gar nicht so schlecht, aber vielleicht kann man es optimieren, indem man den einen oder anderen Wert „verbessert“, wie es die Ergebnisse der Richtwertestudie nahelegen? Sollen wir z. B. wieder eine Tagesdosis einführen? Verbessert das dann tatsächlich die Anpassung des „BSG-Modells“ oder würde es das verschlechtern? D. h. ggf. müsste hier nochmals nachgerechnet werden.

Weiterhin müssen wir uns darüber im Klaren sein, dass wir mit dem Begriff „Verdoppelungsrisiko“ relativ unkritisch umgegangen sind. Wir nutzen den Begriff des Verdoppelungsrisikos in zweierlei Hinsicht. Einmal, wenn wir darüber reden, ob wir eine neue BK schaffen können oder nach § 9 Abs. 2 SGB VII etwas „wie“ eine BK anerkennen können. Dann nutzen wir das Verdoppelungsrisiko als Gradmesser für eine BK-Reife. Wir reden jetzt aber von einer bestehenden BK und von der Anerkennung individueller Fälle, also der Frage, ist die haftungsbegründende Kausalität im konkreten Einzelfall gegeben. D. h. wir müssen überlegen, was das Verdoppelungsrisiko und die dazu passende Einwirkungsdosis im Einzelfall für eine Bedeutung hat. Ist alles unterhalb dieser Dosis abzulehnen? Dabei ist zu beachten, dass das BSG nicht gesagt hat, dass das Verdoppelungsrisiko bei den 12,5 liegt, sondern es hat gesagt, unterhalb von 12,5 kann eine berufliche Verursachung bereits ohne Gutachten abgelehnt werden. Mit dieser Aussage wäre z. B. auch ein Verdoppelungsrisiko von 25 vereinbar. Sehr wahrscheinlich ist, dass das BSG davon ausgeht, dass oberhalb des Dosiswertes von 12,5 eine berufliche Verursachung immer wahrscheinlicher wird. Auch müssen wir berücksichtigen, dass der nun genannte Grenzwert von 7 offenbar nur sehr ungenau bestimmt werden konnte. Das Vertrauensintervall, in dem er mit hoher Wahrscheinlichkeit liegt, ist sehr groß. Es ist daher zu prüfen, ob neben den statistischen Methoden zur Auswertung der Studie nicht auch andere Erkenntnisse herangezogen werden können, z. B. solche aus der medizinischen Wissenschaft oder aus der biologischen Plausibilität. D. h. wenn das Konfidenzintervall von 1 bis sagen wir mal 20 oder 23 reicht, kann ich dann belastbar sagen, ich nehme jetzt die 7, weil die Statistik darauf hindeutet? Ist 8, 9 oder 3 deswegen so viel unwahrscheinlicher? Können wir aus anderen Erkenntnisquellen hier mehr Sicherheit erreichen und welcher Wert wäre dann sinnvoll? Dabei könnte aus meiner Sicht auch eine Rolle spielen, ab welcher Einwirkungsdosis juristisch überhaupt von einer Berufskrankheit gesprochen werden kann. Sie sehen, auch hier gibt es Arbeit, die vielleicht auch durch Autoren der Konsensempfehlung unterstützt werden könnte.



DWS-Richtwerteableitung II

- Projektgruppe Wirbelsäule der DGUV wird sich mit den Ergebnissen befassen
- Autoren der Konsensempfehlungen sollen sich ggf. mit den Ergebnissen befassen

Und jetzt wäre ich bei den Hausaufgaben. Wir werden uns in der Projektgruppe Wirbelsäule insbesondere mit den rechtlichen Aspekten beschäftigen müssen. Die Autoren der Konsensempfehlung sind in mehrfacher Hinsicht angesprochen. Es wäre sehr hilfreich, wenn in der Konsensgruppe die Gedanken zur besseren Bestimmung der Grenz- und Dosiswerte aufgegriffen werden könnten. Weiterhin ist zu prüfen, ob die Konsensempfehlungen noch zu den

vorgeschlagenen Belastungen passen. Wenn sich nun teilweise deutlich niedrigere Vorgaben für die Druckkraft, die Tages- und die Lebenszeitdosis abzeichnen, stellt sich die Frage, ob die Aussagen in den Konsensempfehlungen noch (volle) Geltung haben oder angepasst bzw. verändert werden müssen.

Ich möchte nun mit einem herzlichen Dank an alle Beteiligten für die geleistete, aber auch im Vorgriff auf die noch zu leistende Arbeit schließen.

Anhänge

Anhang 1

Programm

Moderation

Thomas Köhler

10.00 Uhr Begrüßung: Ziele und Fragestellungen, die die Unfallversicherung in dem Feld bewegen
Dr. Andreas Kranig

10.10 Uhr Grundlagen aus der Deutschen Wirbelsäulenstudie
Prof. Dr. Ulrich Bolm-Audorff

Forschungsprojekt „Machbarkeitsstudie für die Untersuchung begutachtungsrelevanter Fragen zur Beurteilung der Berufskrankheit 2108 mit Hilfe der Daten der Deutschen Wirbelsäulenstudie (DWS-Machbarkeitsstudie)“

10.30 Uhr Ziele und Ergebnisse der DWS-Machbarkeitsstudie
Prof. Dr. Ulrich Bolm-Audorff
- Diskussion -

Forschungsprojekt „Erweitere Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie mit dem Ziel der Ableitung geeigneter Richtwerte (DWS-Richtwerteableitung)“

11.20 Uhr Überblick über die Studie: Ausgangslage, Ziel, Akteure, Ablauf
PD Dr. Matthias Jäger

11.40 Uhr Angewandte Methoden in der DWS II
PD Dr. Peter Morfeld

12.00 Uhr Mittagsimbiss

13.10 Uhr Ergebnisse der Studie und deren Bewertung: Teil 1 – Separate Variation einzelner Schwellenwerte
Prof. Dr. Andreas Seidler

13.30 Uhr Ergebnisse der Studie und deren Bewertung: Teil II – Entwicklung eines praxistauglichen Instruments zur Druckkraftabschätzung unter Einsatz von Bestimmungsgleichungen
Dr. Rolf Ellegast

13.50 Uhr Statements der beteiligten Studienzentren und Kooperationspartner
Prof. Dr. Ulrich Bolm-Audorff, Dr. Rolf Ellegast, Prof. Dr. Johannes Haerting, PD Dr. Matthias Jäger, Dr. Klaus Schäfer, Prof. Dr. Andreas Seidler, PD Dr. Peter Morfeld

14.30 Uhr Kaffeepause

15.00 Uhr Fragen zu den Präsentationen und Diskussion

16.45 Uhr Zusammenfassung/Ausblick
Dr. Wolfgang Römer

Anhang 2

Referenten und Moderatoren

Prof. Dr. Ulrich Bolm-Audorff
Regierungspräsidium Darmstadt, Wiesbaden

Dr. Rolf Ellegast
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),
Sankt Augustin

Prof. Dr. Johannes Haerting
Martin-Luther-Universität, Halle (Saale)

PD Dr. Matthias Jäger
Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund

Thomas Köhler
Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI), Heidelberg

Dr. Andreas Kranig
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

PD Dr. Peter Morfeld
Institut für Epidemiologie und Risikobewertung in der Arbeitswelt der Evonik Industries AG,
Essen

Dr. Wolfgang Römer
Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Mainz

Dr. Klaus Schäfer
Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution (BGHW), Mannheim

Prof. Dr. Andreas Seidler
Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin der Medizinischen Fakultät Carl Gustav
Carus der TU Dresden

Anhang 3

Liste der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Fachgesprächs „DWS II“ am 04.12.2012 in Berlin

Name	Institution
Backhaus, Dr. Claus	Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft
Bergmann, Dr. Annekatriin	Universitätsklinikum Halle
Bochmann, Dr. Frank	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Bock, Sönke	Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Bolm-Audorff, Prof. Dr. Ulrich	Regierungspräsidium Darmstadt
Braunschweig, Dr. R.	Deutsche Röntgengesellschaft e.V.
Bültmann, Marc	Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe
Disch, PD Dr. Alexander	Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie
Ditchen, Dr. Dirk	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Drexler, Prof. Dr. Hans	Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V.
Ebermann, Gustav Jark	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Ellegast, Dr. Rolf	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Erlinghagen, Norbert	Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie
Falatouri, Puran	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
Giebner, Manfred	Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse
Goeke, Harald	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
Grifka, Prof. Dr. Dr. Joachim	Orthopädische Klinik für die Universität Regensburg

Name	Institution
Groß, Armin	Unfallkasse Baden-Württemberg
Grosser, Dr. Volker	Berufsgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus Halle/Wittenberg
Hartmann, Prof. Dr. Bernd	Hamburg
Haufe, Dr. Eva	Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus der Technischen Universität Dresden
Hecker, Dr. Christoph	Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Heger, Dr. Michael	Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz
Hering, Dr. Kurt G.	Klinikum-Westfalen - Knappschaftskrankenhaus Dortmund
Herrmann, Dr. Joachim	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Heuck, Prof. Dr. Andreas	Deutsche Röntgengesellschaft e.V.
Hirschl, Edda	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Hirschmann, Dr. Wiete	Verband Deutscher Betriebs- und Werksärzte e.V.
Hofmann-Preiß, PD Dr. Karina	Deutsche Röntgengesellschaft e.V.
Höllner, Dr. Edlyn	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Jäger, PD Dr. Matthias	Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund
Kersten, Dr. Norbert	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Kluge, Sabrina	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Köhler, Thomas	Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie
Kohlmann, Prof. Dr. Thomas	Institut für Community Medicine, Universität Greifswald
Kranig, Dr. Andreas	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Name	Institution
Kranz, Ursula	Landesamt für Arbeitsschutz Potsdam
Kucklack, Michael	Spitzenverband der landwirtschaftlichen Sozialversicherung
Lasar, Dieter	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Latza, Prof. Dr. Ute	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Liebers, Dr. Falk	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Luttmann, Prof. Dr. Alwin	Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund
Meierhöfer, Ingrid	Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe
Münch, Klaus	Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie
Nienhaus, Prof. Dr. Albert	Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege
Orlowski, Marina	Landesamt für Arbeitsschutz Cottbus
Palfner, Stefanie	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Ponto, Klaus	Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Praefke, Karin	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Rehme, Gerald	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Reitz, Gerhard	Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie
Rieger, Prof. Dr. Monika A.	Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung, Universitätsklinikum Tübingen
Rokosch, Frank	Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution
Römer, Dr. Wolfgang	Berufsgenossenschaft Holz und Metall
Schäfer, Dr. Klaus	Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution

Name	Institution
Schedlbauer, Dr. Grita	Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege
Schick, Ralf	Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution
Schoenfeldt, Gerd-Peter	Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft
Schön, Günther	Unfallkasse Sachsen
Seidler, Prof. Dr. Andreas	Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus
Seifert, Dr. Heike	Universitätsklinikum Halle
Spallek, PD Dr. Michael	Europäische Forschungsvereinigung für Umwelt und Gesundheit im Transportsektor e.V.
Stengelin, Erwin	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Sun, Dr. Yi	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Thoma, Regina	Landesamt für Arbeitsschutz Potsdam
Wahl-Wachendorf, Dr. Anette	Verband Deutscher Betriebs- und Werksärzte e.V.
Weber, Dr. Martin	Unfallkasse Nordrhein-Westfalen
Weberink, Michael	Gesamtverband Steinkohle e.V.
Westphal, Frank	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
Witt, Klaus-Dieter	Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft
Wittke, Melanie	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Wolf, Dr. Ulrike	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Woltjen, Michael	Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege
Zabel-Sorg, Alexandra	Berufsgenossenschaft Holz und Metall

Name	Institution
Zagrodnik, Fred-D.	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Zschiesche, PD Dr. Wolfgang	Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse
Zweiling, Dr. Klaus	Unfallkasse Thüringen

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Mittelstraße 51
10117 Berlin
Telefon: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de