

**Auszug aus der Zeitschrift "Die Säule - Gesunder Rücken - besser leben"  
(K. TITTEL, Hrsg. ), 10, Heft 2, 30 - 33 (2000)**

- Mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers -

**Inhalt mit internen Sprungmarken:**

- [APALYS - Eine Möglichkeit zur Berechnung der Wirbelsäulenbelastung beim Heben von Lasten - J. ARNOLD \(Ilmenau\)](#)
- [Kommentar zu "APALYS - Eine Möglichkeit zur Berechnung der Wirbelsäulenbelastung beim Heben von Lasten"- H.-V. ULMER \(Mainz\)](#)
- [Schlußbemerkungen - J. ARNOLD \(Ilmenau\)](#)
- [Leserbrief - G. BECKER \(Wiebaden\)](#)
  
- **APALYS - Eine Möglichkeit zur Berechnung der Wirbelsäulenbelastung beim Heben von Lasten**  
J. ARNOLD (Ilmenau)

### 1.0 Einleitung

Die Beurteilung von Wirbelsäulenbelastungen im Rahmen von Anerkennungsverfahren für Berufskrankheiten und zur Prävention erfolgt heute oft noch subjektiv, weil entsprechend valide Belastungsgrenzwerte nicht existieren. Bisher definierte *Belastungsgrenzwerte* basieren auf invitro gemessenen Werten oder auf einem empirisch bestimmten Verhältnis von Belastung zu Schädigung. Ebenso fehlen unterstützende technische Hilfsmittel, welche praktikabel sind und die Wirbelsäulenbelastung objektiv bestimmen helfen.

Andere Wege zur Früherkennung von *Belastungsfolgen* sind erschwert, weil die Erkennung von Mikrorissen in Wirbelsegmenten auch heute mit röntgenologischen Verfahren noch nicht ausreichend möglich ist. Erst manifeste Risse werden erkannt. Diese werden jedoch schon von funktionellen Einschränkungen begleitet und können vom Organismus nicht kompensiert werden.

Bundesweite statistische Analysen hinsichtlich Anzeigen wegen Verdacht auf berufsbedingte Wirbelsäulenerkrankungen haben ergeben, daß zum einen eine hohe Quote zu verzeichnen ist und es zum anderen eine Häufung nicht erfüllter Erwartungen betrifft nicht anerkannter Berufskrankheiten gibt. Daraus leitet sich die Forderung nach einem Mitteleinsatz für zunehmende *Objektivierung* beispielsweise im Feststellungsverfahren der bearbeitenden Berufsgenossenschaften sowie für den *präventiven* Einsatz im Rahmen der Arbeit der Krankenkassen ab.

In der Literatur existiert eine Vielzahl von Berechnungsmodellen zur Bestimmung der Wirbelsäulenbelastung beim Heben von Lasten. Bei diesen Modellen werden unterschiedliche Ansätze der Bewertung, wie Druckkräfte auf das Wirbelsegment, Energieumsatz, Kraftereinwirkung oder muskuläre Ermüdung verfolgt.

Mit der zunehmenden Anwendung der *Rechentchnik* besteht die Möglichkeit, oben genannte Berechnungsmodelle einer praktischen Nutzung zugänglich zu machen und damit einen Beitrag zur Minderung dieses erwähnten Dilemmas bei der Beurteilung von Wirbelsäulenbelastungen zu leisten. Die Verfahren nach NIOSH und PANGERT sind u.a. zwei Berechnungsverfahren, die auf relativ einfachen Berechnungsmodellen beruhen, aber auch Anwendung in der Praxis erfahren haben.

Neben der Einbindung eines Berechnungsmodelles bildet die objektive Ermittlung

der Körperhaltung eine wichtige Komponente eines derartigen Analysesystems. Es sind in diesem Sinn einige Verfahren zur *Analyse der Körperhaltung* entwickelt worden, wie z. B. ERGOMAS, ANTHROPOS, RAMSIS, kombinierte Methoden mit Video und Ultraschall oder 3D-Bewegungsanalysesysteme (VICON) u.a.. Der Umgang mit diesen Verfahren ist allerdings mit hohem Lernaufwand verbunden. Hinzu kommt, dass die technischen und apparativen Voraussetzungen, die o.g. Systeme erfordern, aus Sicht des praktischen Einsatzes als relativ aufwendig zu beurteilen sind.

## **2.0 Zum Verfahren:**

Die Grundidee von APALYS besteht darin, an einem zu analysierenden Arbeitsplatz mittels Videokamera einen Videofilm zu erstellen. Aus diesem werden mittels entsprechender Computertechnik interessierende Bildausschnitte entnommen und anschließend analysiert. Die Analyseergebnisse sollen dann geeignet dokumentiert und katalogisiert werden. Damit wird ein Informationssystem geschaffen, das sowohl den betroffenen Beschäftigten als auch dem Arbeitgeber zur *Aufklärung über sicherheitstechnische Aspekte am Arbeitsplatz* dient. Mit dem Ergebnis dieser Analyse sollen Gefährdungen am Arbeitsplatz und daraus resultierende Gestaltungshinweise unter Zuhilfenahme moderner Technologien, wie der Multimediatechnik, objektiver ermittelt werden. In Zusammenarbeit mit den gesetzlichen Unfallversicherungsträgern kann das Verfahren benutzt werden, um Ermittlungen zur Anerkennung von Berufskrankheiten objektiver als bisher sowie zeit- und kosteneffektiv durchführen zu können.

## **2.1 Systemkonzept**

Die Vielfalt an zu analysierenden Tätigkeiten stellt hohe Anforderungen an ein flexibel anwendbares *Konzept zur Arbeitsplatzanalyse*. Dieses Konzept sollte im wesentlichen *drei Hauptbestandteile* haben:

1. Untersuchung der Wirbelsäulenbelastung an bestehenden Arbeitsplätzen durch Erfassung der relevanten Gegebenheiten und die Möglichkeit der Ermittlung der Wirbelsäulenbelastung im Einzelfall
2. Untersuchung der Ergonomie von Arbeitsplätzen ausgewählter Kategorien anhand einer Liste notwendigerweise zu überprüfender Parameter
3. Katalogisierung bereits analysierter Tätigkeiten

Die durchzuführende Analyse nach Punkt 1 soll nicht nur aus präventiven Ansätzen heraus handhabbar sein. Sie kann auch eingesetzt werden bei den gesetzlichen Unfallversicherungsträgern im Rahmen einer Ermittlung zur Anerkennung der 1992 neu hinzugekommenen Berufskrankheiten 2108-2110 im Bereich der Wirbelsäulenerkrankungen. Ein weiterer Gesichtspunkt der Verfahrensentwicklung liegt in der Notwendigkeit, daß auch weniger gut ausgebildetes Personal mit diesem Verfahren umgehen kann.

Geht man davon aus, daß bei gleichen Berufsgruppen die einzelnen Teiltätigkeiten gleich oder vergleichbar durchgeführt werden, bietet sich eine Verallgemeinerung bereits ermittelter Sachverhalte an. Da ständig wiederkehrende Tätigkeitsbilder anzutreffen sind, ist es möglich, belastende bzw. unergonomische Einzeltätigkeiten zu ermitteln, diese dann exakt zu analysieren und verallgemeinert zu dokumentieren. Die gewonnenen Daten können dann zu einer Katasterisierung belastender Tätigkeiten herangezogen werden. Die Analyseergebnisse von ausgewählten Referenzfällen könnten deshalb durch einen besonderen elektronischen Katalog schnell, unkompliziert und sachgerecht zugänglich gemacht werden (Punkt 3).

Anhand dieses elektronischen Kataloges soll eine effiziente Bearbeitung von Berufskrankheiten bei den gesetzlichen Unfallversicherungsträgern erreicht werden.

Für den Punkt 1 des obigen Konzeptes existiert ein Analysesystem, welches gemeinsam mit dem Gemeindeunfallversicherungsverband Thüringen sowie der TU Ilmenau konzipiert und entwickelt wurde.

## 2.2 Aufbau des Analysesystems

Das rechnergestützte Analysesystem **APALYS** besteht aus *zwei selbständigen Modulen*. Modul 1 berechnet die *Belastung der Wirbelsäule*. Zur Berechnung wurden aus einer Vielzahl von Modellen die bereits erwähnten Modelle nach NIOSH und PANGERT sowie das Modell nach HARTUNG/DUPUIS ausgewählt.

Ein zweites Modul dient der Bestimmung der *Körperhaltungsdaten*. Für eine praxisnahe Bewertung wird eine dreidimensionale Erfassung mit ausreichender Genauigkeit benötigt. Die Ermittlung der Körperhaltungsdaten erfolgt anhand von Videoaufnahmen. Eine Besonderheit von APALYS ist, dass unter Einsatz handelsüblicher Videotechnik oder anderer bildgebender Systeme nur eine Aufnahme nahezu unabhängig von der Kameraposition zur Definition der Körperhaltung benötigt wird. Diese Aufnahme wird mit einem 3D-Menschmodell zur Deckung gebracht. Durch Einbeziehen des Bearbeiters und seines Abstraktionsvermögens wird dabei die Körperhaltung "nachgestellt". Dazu werden die einzelnen Gelenkpunkte in drei Achsen beweglich gehalten. Durch die Haltung des Menschmodells und die Körperhöhe der Person werden die Körperhaltungsdaten eindeutig bestimmbar (Abb. 1).

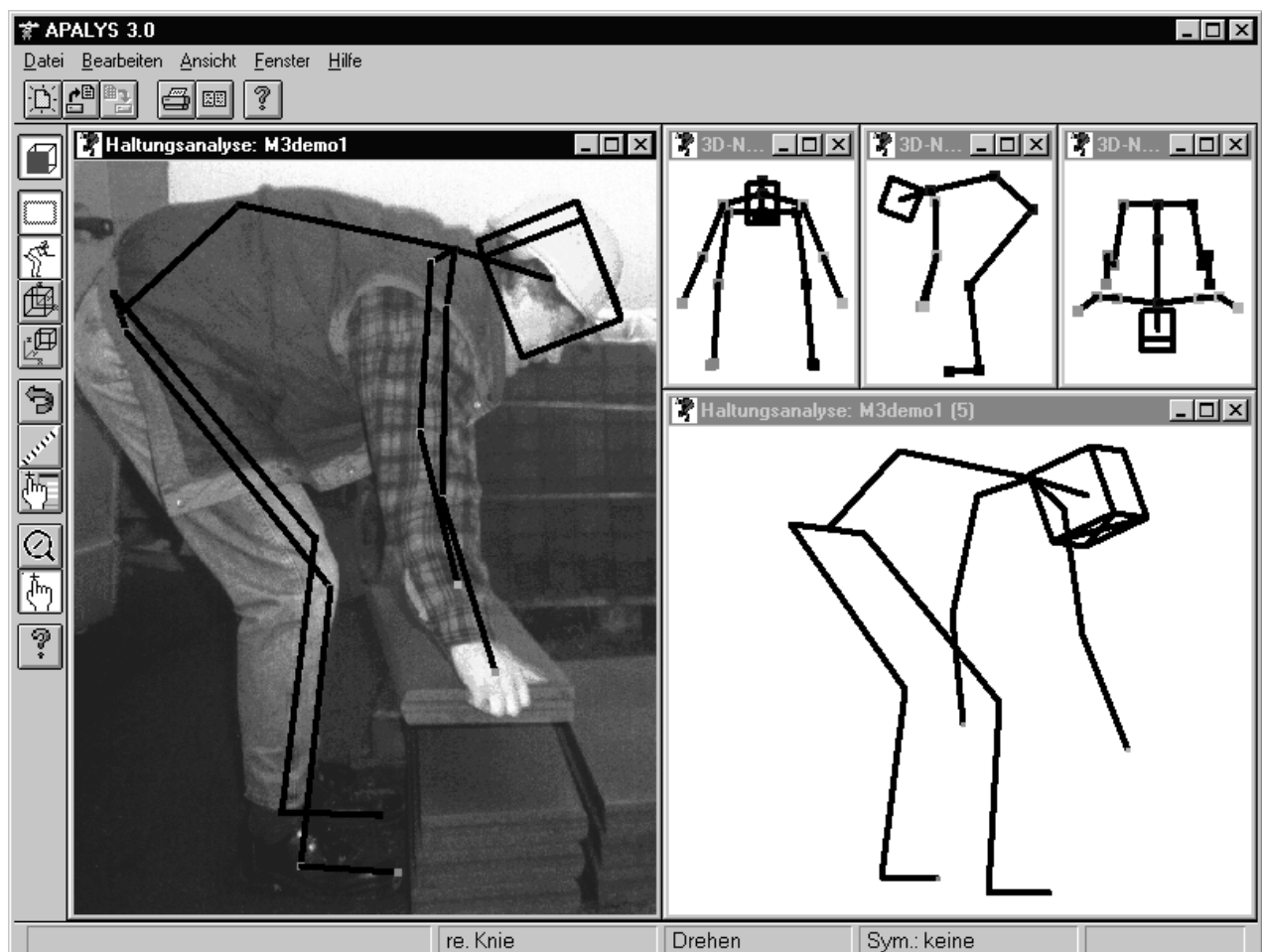


Abb 1: Haltungsanalyse in APALYS

Mit **APALYS** ist es möglich, die Körperhaltung mittels einer Grafik des Arbeitsvorganges relativ genau zu bestimmen. Die Grafik kann aus beliebigen Quellen stammen. Möglich sind gescannte Fotos, Einzelbilder aus Videoaufnahmen oder Bilder beliebiger anderer Quellen. Durch die Verwendung eines hierarchischen dreidimensionalen Menschmodelles können auch Torsionen des Rumpfes berücksichtigt werden. Es besteht des weiteren die Möglichkeit, auch nicht-sagittale Aufnahmen zu verwenden.

### 2.3 Eigenschaften des Analysesystems:

- Anlegen, Bearbeiten und Speichern von Körperhaltungsanalysen mit einer Bitmapgrafik als Ausgangsvorlage
- Möglichkeit der direkten Übernahme von digitalisierten Videobildern im Programm
- komfortables Bearbeiten eines 3D-Mensch-Modelles zur Bestimmung der Körperhaltung aus der Vorlagegrafik
- Bestimmung der Körperposition in Form wichtiger Abstände und Winkel am Modell
- Berechnung der empfohlenen Grenzlast nach NIOSH und Ermittlung der Kraft auf die Bandscheibe L5 - S1 nach Pangert (Drei- / Fünfwinkelmodell, 2D) und Hartung/Dupuis
- Ermittlung der Belastungsdosis der Wirbelsäule während eines Arbeitslebens
- Möglichkeit der Protokollierung der Daten durch Export oder Drucken

### 3.0 Katalog wirbelsäulenbelastender Tätigkeiten

Da ständig wiederkehrende Tätigkeitsbilder anzutreffen sind, ist es durchaus möglich, belastende Einzeltätigkeiten zu ermitteln, diese zu analysieren und verallgemeinert zu dokumentieren. Ein solcher *Katalog* entsprechend Punkt 3 der angeführten Konzeption wurde vom Gemeindeunfallversicherungsverband Thüringen erarbeitet. Dieser wird ständig erweitert und aktualisiert. Anhand dieses Kataloges ist eine effektive Bearbeitung von Berufskrankheiten realisierbar. Es ist damit möglich, in einem Großteil der Anerkennungsverfahren die Arbeitsplatzbegehung zu vermeiden oder den erforderlichen Aufwand zu reduzieren. Mit den Daten des Kataloges sind gleichermaßen Präventionsmaßnahmen in den entsprechenden Einrichtungen durchführbar.

**Anschrift des Verfassers:** Dipl.-Ing. Jens Arnold  
ILMCAD GmbH  
Grenzhammer 10  
98693 Ilmenau

- **Kommentar zu "APALYS - Eine Möglichkeit zur Berechnung der Wirbelsäulenbelastung beim Heben von Lasten"**

**H.-V. ULMER (Mainz)\***

Berufliche Belastungen der Wirbelsäule betreffen das Wirbelkörper-Bandscheiben-System, die Wirbelgelenke und die Wirbel-Rippen-Gelenke, allesamt verbunden durch ein Kapsel- und Bandgefüge sowie aktiv bewegt bzw. gestützt durch ein kompliziertes Muskelsystem.

Diese Gesamtheit ist als ein komplexes anatomisch-funktionelles System zu betrachten, das durch rein biomechanische Modelle ohne Berücksichtigung physiologisch-funktioneller Aspekte nur äußerst reduziert beschrieben werden kann. Dies gilt besonders dann, wenn die biomechanische Betrachtungsweise sich nur auf den Kompressionsdruck in den Bandscheiben beschränkt, wobei das reduktionistische Konzept des NIOSH und die Meßergebnisse von NACHEMSON und MORRIS (1964!) sehr umstritten sind - u.a. sei auf die davon abweichenden Befunde von WILKE und Mitarbeitern (1999) – publiziert im Heft 4/99 der Zeitschrift DIE SÄULE – hingewiesen.

Seit Anerkennung der Berufskrankheiten der Wirbelsäule (BK 2108, 2109 und 2110) und im Gefolge davon der Lastenhandhabungsverordnung erleben wir eine Hochkonjunktur für biomechanische "Modellbauer". Bar ärztlichen und motorisch-funktionellen Sachverstands schließen diese anhand ihrer biomechanischen Betrachtungen oft ohne Skrupel auf gesundheitliche Störungen bzw. Schädigungen der Wirbelsäule, so als ob sie genau den eindeutig ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Bandscheibendruck und den Schmerzen bzw. Verschleißerscheinungen kennen würden. Auf dieser Basis werden dann von Nichtärzten wacker Entscheidungshilfen bezüglich gesundheitlicher Präventionsmaßnahmen und bei der Anerkennung von Berufskrankheiten angeboten.

Irgendwelche Wirbelsäulenbelastungen lassen sich gewiß mit diesen Modellen berechnen. Allerdings sollte man sie stets als „Modelle“ kennzeichnen und die Frage bedenken, wie relevant die modellmäßig abgeschätzten Belastungswerte eigentlich für die Entstehung der Beschwerden sind. Aus funktioneller Sicht ist doch zu fragen, wo die Modellbauer die persönliche Krankheitsveranlagung (Disposition) und wo den Übungseffekt desjenigen berücksichtigt haben, der einen Gegenstand bei äußerlich gleichem Bewegungsablauf geschickt oder eben ungeschickt hebt.

Und wie steht es um die Psychosomatik der Modelle? Hat sich denn noch gar nicht herumgesprochen, daß sich gerade bei der Wirbelsäule das mechanisch-anatomische Röntgenbild oft diametral vom glaubhaften Beschwerdebild des Patienten unterscheidet? Eines nehmen die Modellbauer für sich zu recht in Anspruch: Sie haben "objektive" Daten in der Hand. Allerdings tun sie so, als ob dies ein Wert an sich sei. Moderne biologische Betrachtungen über die Nichtlineare Dynamik komplexer Systeme zeigen aber immer deutlicher, wie wackelig Konzepte linearer Dosis-Wirkungs-Beziehungen sowie Prognosen auf der Basis eines einzigen Faktors (z. B. Kompressionsdruck) sind. Der Wert "objektiver" Einzeldaten wird dadurch erheblich relativiert. Objektivität allein ist kein Wert an sich, entscheidend ist die Validität (Aussagefähigkeit).

**Anschrift des Verfassers:** Prof. Dr. med. H.-V. ULMER  
Sportphysiologische Abteilung  
Fachbereich Sport, Joh. Gutenberg-Universität  
55099 Mainz

---

\* Veröffentlicht in der Zeitschrift „Die Säule“ (K. Tittel, Hrsg.), 10, Heft 2, 32 (2000)

## ● **Schlußbemerkungen**

**J. ARNOLD (Ilmenau)**

Spätestens seit der Umsetzung der EU-Richtlinie 90/269/EWG Artikel 4 gibt es einen Auftrag zur Bewertung der Arbeitsbedingungen und zur Gestaltung sicherer Arbeitsbedingungen. Auch der Weg zur Anerkennung einer Berufskrankheit erfordert ein Mindestmaß an Bewertungsinstrumentarien. Deshalb wurde im Zeitalter der Informationsgesellschaft versucht, methodische Hilfsmittel zu entwickeln, die vor allem dem Praktiker die Beurteilung der Tolerierbarkeit einer Belastung ermöglichen sollen. Dabei zeigt sich, daß der Anspruch an wissenschaftliche Exaktheit mit den Forderungen nach einfacher Anwendbarkeit der Methoden kaum in Übereinstimmung zu bringen ist. Die Komplexheit der Entstehung von Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems erfordert eine ebenso komplexe Betrachtungsweise bei der Bewertung und Gestaltung der Arbeitsbedingungen. Zudem führen bestehende Erkenntnisdefizite zu divergierenden Lösungsansätzen, die eine Normierung erschweren.

Klar sollte sein: Für Gefährdungsabschätzungen ist ergonomisches und arbeitsmedizinisches Fachwissen erforderlich. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge ist es nicht möglich, praktikable Algorithmen anzugeben, die ohne Fachkenntnis sicher anwendbar sind. Dabei dient APALYS nicht der Bewertung der Belastung, sondern einzig der Datenerfassung. Teilt man solcherart Systeme in Screening-Verfahren, einfache quantitative Verfahren sowie höherauflösende Verfahren ein, so würde sich etwa APALYS in der zweiten Gruppe wiederfinden. Das Dilemma der fehlenden wissenschaftlichen und aufwandsmäßigen Exaktheit äußert sich hier im Kompromiß zwischen Genauigkeit und Praktikabilität. Sicher gehören auch persönliche Spezifika wie Trainiertheit und Psyche und evtl. weitere Faktoren zu den zu erfassenden Ausführungsbedingungen, doch können solche Parameter heute selten vollständig erfaßt, geschweige denn deren Auswirkungen wissenschaftlich fundiert bestimmt werden. Diese Aufgabe steht aber täglich vor jedem Arbeitsmediziner, der über die Anerkennung einer Berufskrankheit entscheidet! Bewegen wir uns dabei nicht alle auf einem ziemlich glatten Parkett?

Nein, wir wollen jetzt nicht hineinrennen in die scheinbar immerwährende und oft vorurteilsbehaftete Diskussion um Problematiken des komplexen Systems Mensch zwischen Ärzten und Nichtärzten. Ja, auf jeden Fall ist Wissen aus verschiedenen Gebieten erforderlich, um das Ursachen-Wirkungsgefüge in diesem System zu beschreiben. Stellen Sie sich einfach eine Forschungsgruppe von Fachleuten vor, z. B. einen Mediziner, einen (Bio-)Mechaniker, einen Psychologen und einen Sportwissenschaftler. Glücklicherweise kennen diese Leute die Begriffe Teamfähigkeit und interdisziplinäre Arbeit. Sie werden sich demnach bei Ihrer Arbeit nicht gegenseitig behindern und ordnen sich in ihrem Handeln dem Gesamtziel unter. Übergreifende Denkansätze aus dem jeweils anderen Wissensgebiet mit dem eigenen werden nicht destruktiv diskutiert, sondern einer konstruktiven Kritik unterworfen. Ein Ziel soll dabei verfolgt werden: einer Gruppe von versierten Praktikern der Arbeitsmedizin ein handhabbares Instrumentarium zur Verfügung zu stellen, mit dem Analyse und Prävention verbessert werden können.

**Anschrift des Verfassers:** Dipl.-Ing. Jens Arnold  
ILMCAD GmbH  
Grenzhammer 10  
98693 Ilmenau

- **LESERBRIEF** zu dem Artikel **APALYS - eine Möglichkeit zur Berechnung der Wirbelsäulebelastung beim Heben von Lasten**  
(im Heft 2-2000 veröffentlicht)

von G. BECKER, in: Die Säule (K. TITTEL, Hrsg.) 10, Heft 3, S. 56 (2000)

Beim Lesen des obengenannten Artikels können aus orthopädisch-schmerztherapeutischer Sicht einige Behauptungen nicht unwidersprochen bleiben. Im Absatz II wird davon ausgegangen, dass erst im Spätstadium manifeste Risse an der Bandscheibe erkannt werden können, und diese immer von funktionellen Einschränkungen begleitet sind und auch vom Organismus nicht kompensiert werden können. Diese Aussage stimmt in dieser Form nicht. Zum einen gibt es Patienten, die keinerlei Schädigungen an den Bandscheiben haben, aber massive Schmerzen und Muskelverspannungen im LWS-Bereich zeigen. Zum anderen gibt es Patienten, die keine Beschwerden haben und bei denen nur durch einen Zufallsbefund ein Bandscheibenvorfall gefunden wurde. Das Ausmaß einer Schädigung und das Ausmaß der funktionellen Störungen hängen nicht von der Größe der Schädigung der Bandscheibe ab. Es ist ein Trugschluss zu glauben, dass nach Bandscheibenoperationen die entsprechenden Patienten nicht mehr voll belastet werden können. Nach Bandscheibenvorfällen ohne Operation oder mit Operation können durch eine entsprechend gute Rehabilitation die Patienten nach ca. einem halben Jahr wieder völlig in ihrem Beruf belastet werden. Auch im schweren hebenden Berufsbereich sind die vollen Belastungsmöglichkeiten wieder gegeben. Auch im Sportbereich ist eine volle Belastbarkeit wieder möglich.

Ich kann nur davor warnen, dass bestimmte Krankheitsbilder so angesehen werden, dass sie letztendlich in einer Berentung enden. Man tut dem Patienten keinen Gefallen, da sehr viele Bandscheibenpatienten hohe Leistungsanforderungen an sich und auch an ihre Umgebung stellen. Zum anderen wird hier eine Kostenlawine ausgelöst, die dann in einigen Jahren zur Zahlungsunfähigkeit der Berufsgenossenschaften führen wird. Bisher sind auch keinerlei Studien bekannt, die ganz eindeutig zeigen, dass ein ganz bestimmtes Berufsbild typische Schädigungen an der Bandscheibe auslöst. Aus orthopädisch-schmerz-therapeutischer Sicht und aus sportmedizinischer Sicht muss man bei jeder Beurteilung bezüglich Behandlung und auch Berentung des Patienten die individuellen Möglichkeiten des Patienten berücksichtigen. Durch die Vielfältigkeit des muskulo-skelettalen Systems und die individuellen Motorik mit der entsprechenden Gestaltungsmöglichkeit am Arbeitsplatz lässt sich letztendlich immer eine Problemlösung schaffen.

**Dr. med. G. Becker**