

Kurt Landau, Regina Brauchler, Wolfgang Brauchler,  
Wolfgang Ballé, Ulrich Blankenstein

## **Prognose arbeitsbedingter Erkrankungen**

Zur Eignung belastungsanalytischer Verfahren für den Aufbau einer betrieblichen Mikro-Epidemiologie\*

### **Abstract**

Diese Studie hat das Ziel, die Eignung arbeitsanalytischer Verfahrensweisen zur Prognose möglicher arbeitsbedingter Schädigungen zu überprüfen. Mit Hilfe der Erkenntnisse aus Arbeitswissenschaft, Arbeitsmedizin und Entscheidungstheorie wurde ein umfassendes belastungsanalytisches (130 Items) und epidemiologisches (355 Items) Instrumentarium zum Nachweis und zur Prognose arbeitsbedingter Schädigungen erarbeitet und dessen Funktionsweise exemplarisch an 348 Probanden in 59 verschiedenen Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten im Tagebergbau überprüft.

### **1 Fragestellung**

In der epidemiologischen sozialmedizinischen Forschung wird schon seit vielen Jahren der Ansatz verfolgt, Belastungen des Arbeitsplatzes und Erkrankung des Arbeitnehmers miteinander in Verbindung zu bringen. Hierbei wird der Arbeitsplatz durch eine Berufsbezeichnung, die Erkrankung des Arbeitnehmers durch einen medizinischen Befund, gekennzeichnet. Dabei war bisher im Regelfall die Aussagefähigkeit der Daten dadurch begrenzt, daß über die Berufsbezeichnung hinaus keine differenzierten Angaben zu den vom jeweiligen Arbeitnehmer durchgeführten Tätigkeiten und den damit verbundenen Belastungen bzw. Beanspruchungen vorhanden waren. Für die Gesundheitsschäden, die im Laufe eines gesamten Arbeitslebens erworben werden können, ist diese Methode der Zuordnung von Beruf und Schädigung jedoch nur bedingt tauglich. Da eine Vielzahl von Faktoren aus der Berufs- bzw. Privatsphäre in diesen einfachen Zuordnungsmodellen vernachlässigt werden, verbleibt eine beträchtliche Reststreuung, die eine sinnvolle Gegenüberstellung von Arbeitsbelastung und Gesundheitszu-

---

\* Der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, sei für die finanzielle Förderung dieses Vorhabens gedankt.

stand unmöglich macht. Hinzu kommt, daß sich die Arbeits- und Sozialmedizin neben der täglichen Praxis bisher im wesentlichen dem Aufbau werksärztlicher Informationssysteme gewidmet hat und dabei die Gegebenheiten des Arbeitsplatzes bzw. der Belastung nur unzureichend berücksichtigt hat. Dies hängt damit zusammen, daß dem begutachtenden Mediziner häufig die Instrumentarien fehlen, aus arbeitswissenschaftlicher bzw. arbeitstechnischer Sicht - unabhängig von der Arbeitsperson - die objektiven Belastungen am Arbeitsplatz zu ermitteln und darzustellen.

Mit der Zuordnung von Belastungen und medizinischen Befunden - nicht nur für Betriebsbereiche oder für Betriebe, sondern auch über die Betriebsgrenzen hinaus - wird also langfristig die Entwicklung eines Indikatorensystems beabsichtigt, das als Frühwarnsystem für durch Arbeit mitverursachte Beschwerden bzw. Erkrankungen im Sinne einer betriebsbezogenen Mikro-Epidemiologie dienen soll. Konkret verfolgt das Indikatorensystem die Absicht, Aussagen, der wie folgt aufgezeigten Form, zu ermöglichen: Es gibt konkrete Belastungen einer bestimmten Intensität, die mit einer ermittelten Wahrscheinlichkeit in Prozent zu einer konkreten Beschwerde bzw. Krankheit führen. Detailliertere Ausführungen über die zugrundegelegten entscheidungstheoretischen Modellansätze werden von Brauchler (Brauchler 1992, 27 ff.) vorgenommen.

Die dargestellte Planungsstudie mußte sich sinnvollerweise auf die Arbeitsbelastungen und möglichen Schädigungen innerhalb eines Unternehmensbereiches beschränken. Auf diese Weise wurde sichergestellt, daß nur ein Ausschnitt der Belastungsdeterminanten sowie der medizinischen Befunde miteinander verknüpft werden mußte, um diese komplexe Problemstellung in einem Zeitraum von zunächst nur zwei Jahren bearbeiten zu können. Es wurde an einer eingegrenzten Population getestet, welcher prädiktive Wert den Erhebungsinstrumenten auf der "objektiven" Belastungsseite und der medizinischen Befundseite im Hinblick auf die Installation eines mikroepidemiologischen Frühwarnsystems zukommt. Mit der Auswahl der geschichteten Arbeitsplatz- und Arbeitnehmerstichprobe war sicherzustellen, daß das gesamte Kontinuum der Arbeitsformen "leicht-schwer" und "einfach-schwierig" abgedeckt wird. Darüber hinaus halfen Daten über das Gefährdungspotential einzelner Berufsgruppen für Berufskrankheiten und die Bedeutung der Berufsgruppe in der Bundesrepublik Deutschland bei der Auswahl. Nachdem der Anteil der Beschäftigten, die an anerkannten Berufskrankheiten erkrankt sind, im Bergbau mit 2,1 % am höchsten liegt, und das Führen von Kraftfahrzeugen, Transportgeräten und Kränen mit ca. 658 000 Beschäftigten die drittgrößte Berufsgruppe in der Bundesrepublik Deutschland nach den Bürofachkräften und Verkäufern darstellt, erschien die Gruppe der besonders exponierten Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten im Braunkohlebergbau als Stichprobe geeignet (zu den Daten u. a.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, 1986). Diese bewußt vorgenommene Auswahl des Arbeitsplatzkollektivs ermöglichte mit vertretbarem Aufwand eine kasuistische Überprüfung unserer modelltheoretischen Annahmen. Nach Modifizierung der Brückenbeispiele des im Rahmen dieses Forschungsvorhabens entwickelten Belastungserhebungsverfahrens steht

jedoch der Übertragung der Erhebungsinstrumente auf andere Arbeitsplätze nichts im Wege.

Insgesamt sollte diese, von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz geförderte Untersuchung einen Beitrag zur Fragestellung leisten, inwiefern der Aufbau eines epidemiologischen Frühwarnsystems mit Hilfe der Erkenntnisse aus Arbeitswissenschaft, Arbeitsmedizin und Entscheidungstheorie den Nachweis und die Prognose arbeitsbedingter Erkrankungen unter Berücksichtigung von Multikausalität und Retrospektivität ermöglicht.

## 2 Theoretischer Ansatz

Das von Robert Koch ursprünglich für Infektionskrankheiten aufgestellte Modell zur Krankheitsentstehung geht von drei Grundvariablen aus: Wirt, Agens und Umwelt. Eine Infektion tritt dann ein, wenn alle drei Variablen zur gleichen Zeit am gleichen Ort, unter spezifischen Bedingungen zusammentreffen. Bei möglicherweise von Arbeit mitverursachten chronischen Erkrankungen wird es sich jedoch nicht um ein Agens handeln, welches die Erkrankung verursacht, sondern um eine Vielzahl von Faktoren, die teilweise mit der Umwelt in Wechselbeziehung stehen können. Es ist demnach davon auszugehen, daß eine Prognose möglicher arbeitsbedingter Erkrankungen die Suche nach mehreren ätiologischen Faktoren verlangt und nicht nur einen Faktor als Agens herstellt. Weiterhin ist der umgangssprachlich verwendete Begriff "Erkrankung" im Hinblick auf Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Erkrankungen zu präzisieren. Während es sich bei einem Arbeitsunfall um ein körperlich schädigendes, plötzlich eintretendes und in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraum ablaufendes Ereignis handelt, das eine Person bei der Ausübung ihrer beruflichen Tätigkeit erleidet, setzen Berufskrankheiten längere Einwirkungsdauern voraus. Die Pathogenität spezifischer Belastungen, die vorwiegend in der Arbeitswelt vorkommen, muß nach § 551 RVO wissenschaftlich anerkannt sein, um in die Liste der Berufskrankheiten aufgenommen zu werden. In der Liste werden grundsätzlich nur Schäden, für die es zweifelsfrei physikalisch-chemische Modelle gibt, berücksichtigt. Eine Generalklausel (§ 551 Abs. 2 RVO) gewährleistet jedoch, daß neuartige Gesundheitsbeeinträchtigungen, die durch rasche technische Entwicklung hervorgebracht werden, berücksichtigt werden können. Entscheidungen nach diesem Paragraphen sind jedoch auf Einzelfälle beschränkt, so daß von den gesamten Rehabilitationsmaßnahmen nur 6,5 % auf Berufskrankheiten und Arbeitsunfälle entfallen. Während es sich bei den "übrigen" Krankheiten (88,7 % aller Rehabilitationsmaßnahmen) vorwiegend um chronische Erkrankungen des Bewegungsapparates, der Atmungsorgane und des Verdauungstraktes sowie um Herz-, Kreislaufkrankungen handelt, als deren Ursache zumindest teilweise die Arbeitsbelastungen anzusehen, und diese damit den "arbeitsbedingten Erkrankungen" zuzuordnen sind (Valentin 1980; von Ferber/Slesina 1981). Der Begriff

“arbeitsbedingter Erkrankungen” wurde im Arbeitssicherheitsgesetz von 1973 erstmals verwendet. Eine Definition liegt in diesem Gesetzestext jedoch nicht vor. Daher wird der Begriff in der Literatur sehr unterschiedlich gehandhabt (Valentin 1980; Lehnert 1980). Die am weitesten verbreitete Auffassung ist die, daß die arbeitsbedingten Erkrankungen einen Oberbegriff darstellen, zu denen auch die Berufskrankheiten zu zählen sind (Lehnert 1980; Rutenfranz 1983, 258 ff.). Die Ergebnisse der Literaturrecherche zur Begriffsbestimmung arbeitsbedingter Erkrankungen können dem Forschungsbericht entnommen werden (Landau u.a. 1990, 10 ff.; künftig als “Forschungsbericht” zitiert).

Ein Analyseverfahren, das zur Beantwortung epidemiologischer Fragestellungen geeignet ist, erfordert die Erfassung und Auswertung all jener Untersuchungsdaten, die Rückschlüsse auf potentielle Gesundheitsbeeinträchtigungen am Arbeitsplatz zulassen. Zur Umsetzung des hier verwendeten erweiterten Belastungs-/ Beanspruchungsansatzes im Hinblick auf ein, der Schädigungsprognose adäquates Arbeitsanalyseverfahren, wurden die bekannten aufgabenbezogenen, handlungstheoretisch fundierten sowie die sogenannten subjektiven Arbeitsanalyseverfahren überprüft, inwieweit sie der Komplexität der multifunktionellen Genese von Schädigungen Rechnung tragen (Forschungsbericht, 23 ff.). Es muß in jedem Falle betont werden, daß derzeit keines der uns bekannten Arbeitsanalyseverfahren - auch das später in diesem Projekt eingesetzte Belastungs-Erhebungs-System (BES) nicht - zufriedenstellend eine komplexe Pathogenese nach dem Risikoverfahrensmodell oder Risikodeterminantenmodell (Scherg 1986) erklären oder wenigstens beschreiben kann. Durch den Einsatz eines arbeitsanalytischen Verfahrens kann lediglich das Ausmaß der Unschärfe, das bei einer Gegenüberstellung von Berufsbezeichnung und Schädigung über alle Maßen vorhanden ist, vermindert werden.

### **3 Methodik**

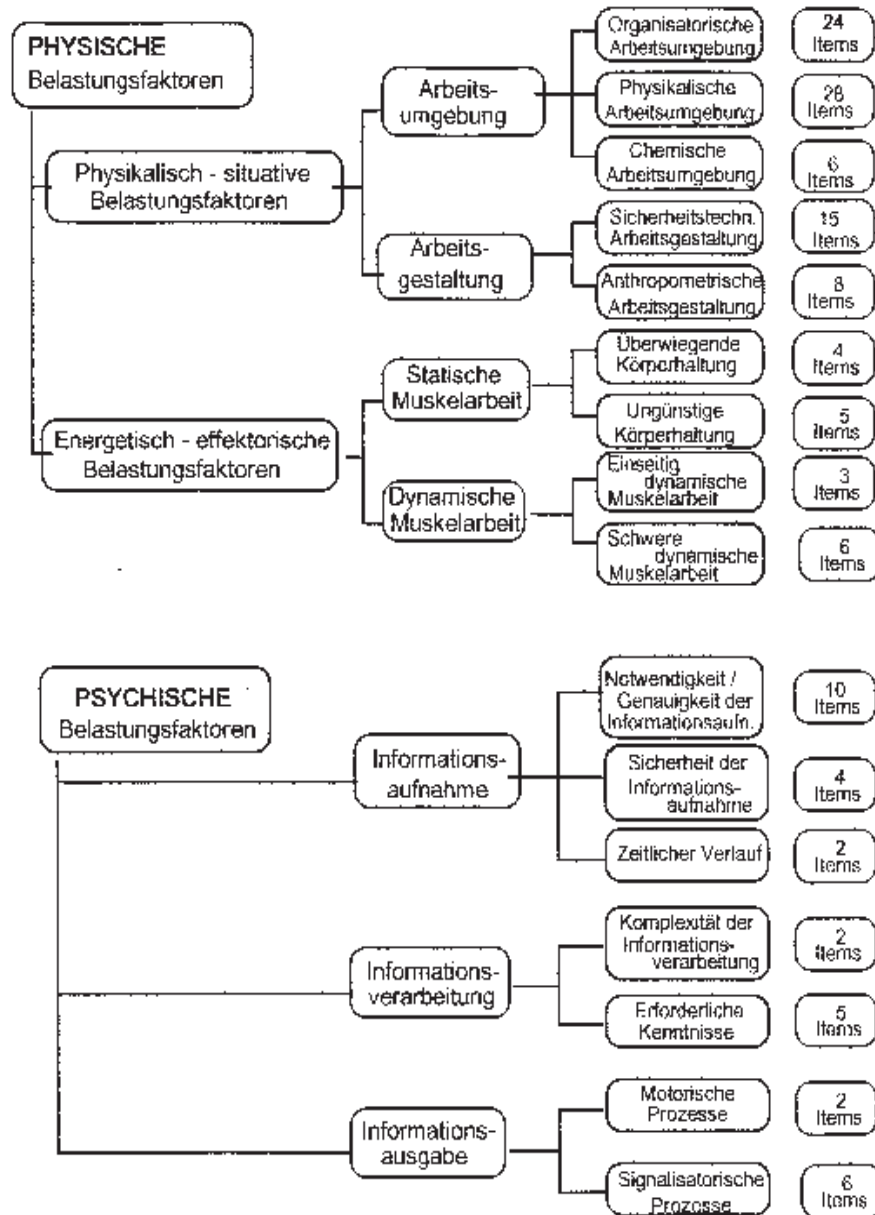
#### **3.1 Anforderungs- bzw. Belastungsanalyse**

Im Hinblick auf die Prognose arbeitsbedingter Schädigungen war das im Arbeitswissenschaftlichen Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse (AET; (Landau/Luczak/Rohmert 1975, 251ff.; Rohmert/Landau 1979)) bereits paradigmatisch verwendete Belastungs-Beanspruchungskonzept, um die habituelle und soziale Situation wie z.B. Ernährung, Lebensgewohnheiten, Drogen usw. und die jeweilige Sichtweise, also die “Redefinition” dieser habituellen und sozialen Situation, zu erweitern. Allerdings ist jedoch das Belastungs-Beanspruchungskonzept auf die vorwiegend kurzfristige Betrachtungsweise, z.B. einer Arbeitsschicht, weniger auf die Modellierung von Belastung und Beanspruchung in einem ganzen Arbeitsleben ausgelegt. Angesichts der

hohen Mobilität zwischen Berufen bzw. Arbeitsplätzen im Verlauf eines Arbeitslebens kann die medizinische Diagnose für einen Probanden nicht unmittelbar mit den derzeitigen Arbeits- und Privatbelastungen verknüpft werden. So kann eine Gesundheitsschädigung schon vor Aufnahme der derzeitigen Arbeit gegeben gewesen sein. Somit mußte das aufgezeigte Konzept dynamisiert werden, bzw. das zu entwickelnde Instrumentarium sowohl Belastungen am derzeitigen als auch an früheren Arbeitsplätzen erfassen. Da bei einer Selbstbeobachtung nicht erwartet werden kann, daß der Arbeitnehmer ein arbeitsanalytisches Erhebungsinstrumentarium auf frühere, von ihm bekleidete Positionen bzw. Arbeitsplätze reliabel anwenden kann, war im Rahmen der Arbeitsanamnese durch den Werkarzt eine Indizienkette hin zu früheren Tätigkeitsanforderungen aufzubauen. Zur Überprüfung des dargestellten hypothetischen Zusammenhangs zwischen Belastungen und arbeitsbedingten Schädigungen (Forschungsbericht, 53 ff.) wurde eine Zweiteilung des zu entwickelnden Instrumentariums vorgenommen. Dabei erfaßt der erste Verfahrensteil, das Belastungs-Erhebungs-System (BES) in 130 Merkmalen die "objektive" Belastungssituation im Berufsleben; Während der zweite Verfahrensteil, das - Epidemiologische Erhebungs-System (EES) in 355 Merkmalen Datenelemente über den Gesundheitsstatus und die berufliche Vorgeschichte des Stelleninhabers erfaßt. Die Verknüpfung der beiden Datenbanken erfolgt im Epidemiologischen- und Belastungs-Erhebungs-System (EBES). Das Belastungs-Erhebungs-System (BES) wurde auf dem theoretischen Fundament einer engpaßorientierten Arbeitsanalyse konzipiert. In Aufbau und Erhebungstechnik wurde das Verfahren an das bereits vorhandene Arbeitswissenschaftliche Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse AET (Landau/Luczak/Rohmert 1975, 251 ff.; Rohmert/Landau 1979; Landau/Rohmert 1981) angelehnt. Aufbauend auf den jetzt 16-jährigen Erfahrungen mit über 5000 AET-Erhebungen wurden die BES-Merkmale mit Erläuterungen und Brückenbeispielen praxistgerecht aufgestellt. Im Rahmen einer iterativen Verfahrensentwicklung wurden verbesserte Objektivitäts- und Validitätseigenschaften durch die Beteiligung von Ergonomen, Medizinern, Sicherheitsfachkräften, Psychologen und Betriebsräten des beteiligten Unternehmens angestrebt. Die 130 Merkmale des Belastungs-Erhebungs-Systems werden anhand eines Beobachtungsinterviews und/oder einer Dokumentenanalyse erfaßt. Der Ermessensspielraum des Analytikers wurde durch Brückenbeispiele, Schulungsseminare und einen Interviewleitfaden minimiert. Das dem BES zugrundegelegte Modell sowie das praktische Analysevorgehen folgte also den bekannten Vorbildern wie Position Analysis Questionnaire (PAQ) und Arbeitswissenschaftlichem Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse (AET). Über die Vor- und Nachteile solcher Verfahren - vor allem im Hinblick auf das verwendete, oft kritisierte, Stimulus-Organismus-Response-Modell - braucht hier nichts mehr ausgeführt werden. Das Belastungs-Erhebungs-System folgt mit der in Abbildung 1 dargestellten Gliederung einem "outside-in-approach".

Zur Validitätsprüfung dieses Verfahrens wird im bereits zitierten Forschungsbericht (62ff.) Stellung genommen. Die Reliabilitätsüberprüfung mit dem Spearman'schen

Abb. 1: Gliederung des Belastungs-Erhebungs-Systems (BES)



Rangkorrelationskoeffizient mit Bindungskorrektur zeigt bei einer Anwendung durch 8 Analytiker bei vier Arbeitsplätzen aus dem Kontinuum der Arbeitsinhalte von "Erzeugen von Kräften" bis "Umsetzen von Information in Reaktion" (Rohmert/Luczak/Landau 1975, 199 ff.) Reliabilitätskoeffizienten im Bereich von 0,65 (Kapitel "Technisch-ergonomische Arbeitsgestaltung") bis 0,80 ("Informationsverarbeitung" und "Arbeitsgestaltung").

### 3.2 Beschwerde- und medizinische Befunderhebung

Mit der Entwicklung einer standardisierten Analyse des Gesundheitsstatus wurde die Absicht verfolgt, die ärztliche Patientenkarteführung für epidemiologische Analysen zu erweitern. Im Epidemiologischen Erhebungssystem (EES) konkretisiert sich das Ziel einer standardisierten Analyse des menschlichen Gesundheitsstatus im Erfassen der ärztlichen Diagnose (Befunde, Laborwerte und subjektives Befinden), der spezifischen habituellen und sozialen Situation, der individuellen beruflichen Vorgeschichte (retrospektive Belastungsanalyse) des Mitarbeiters sowie im Erfassen des subjektiven Beanspruchungsempfindens am derzeitigen Arbeitsplatz.

Im Hinblick auf den Nachweis und die Prognose arbeitsbedingter Schädigungen waren die folgenden Forderungen zu beachten:

- Eindeutige Differenzierung der Engpaßorgane
- Einstufung der Schädigungsintensität als Befindlichkeitsstörung oder manifeste Erkrankung
- Ganzheitliche Erfassung aller Daten des Probanden, die den Gesundheitsstatus beeinflussen
- Zuordnungsmöglichkeit zwischen medizinischen Befunden und Belastungsgrößen
- Bereitstellung von geeigneten Schlüsseln

zur lückenlosen Codierung der ärztlichen Untersuchungsergebnisse. Dazu wurde der standardmäßig vorgesehene berufsgenossenschaftliche Grundsatz G 25 für die Untersuchung von Fahr-, Steuer- und Überwachungspersonal im Hinblick auf technische Untersuchungen (Lungenfunktionsprüfung, EKG) und Laboruntersuchungen (Blut, Harn, ggf. Röntgenuntersuchungen von Brustkorb und Wirbelsäule und Sonographien innerer Organe) erweitert. Darüber hinaus wurde zur innerbetrieblichen Dokumentation der gestellten Diagnosen ein Diagnoseschlüssel, der auf dem ICD-Schlüssel (Handbuch der internationalen Klassifikation der Krankheiten, Verletzungen und Todesursachen) basiert, mit 94 Schlüsselpositionen entwickelt. Darüber hinaus werden im EES folgende Codierungsschlüssel verwendet:

- Befund- und Diagnoseschlüssel nach Blankenstein (o.Jg.)
- Berufskrankheiten nach BerufskrankheitenVO
- Rote Liste der Medikamente

- Unfälle und Lokalisation der Verletzungen nach der Klassifikation der Berufsgenossenschaften
- Berufsbezeichnungen nach der Nürnberger Berufsklassifikation .

Die retrospektive Belastungsanalyse wurde durch den untersuchenden Arzt in Anlehnung an das Arbeitswissenschaftliche Erhebungsverfahren zur Leistungslohnanalyse (AEL) (Landau/Bokranz 1986a) durchgeführt. Die weitere Detaillierung des Epidemiologischen Erhebungssystems kann der ausführlicheren Darstellung im Forschungsbericht (84 ff.) entnommen werden.

#### **4 Ergebnisse einer Pilotstudie an Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten**

Mit dem Epidemiologischen- und Belastungs-Erhebungs-System (EBES) wurde ein Indikatorensystem bestehend aus Arbeitshypothesen und Instrument vorgestellt, das nach entsprechender Auswertung und Interpretation der Belastungs- und Befunddaten in der Lage ist, Gesundheitsrisiken mit quantifizierbarer Sicherheit vorherzusagen. Dazu werden entscheidungstheoretische Verfahren im weitesten Sinne auf ihre Zweckmäßigkeit und Praktikabilität zur Entscheidungsunterstützung von Medizinern, Ergonomen und Sicherheitsfachkräften überprüft. Neben multivariater Statistik, stochastischer Prozeßtheorie und Netztheorie wird der Einsatz von Algorithmen zur Regelinduktion aus Daten in wissensbasierten Systemen in einer Pilotstudie getestet. Mit dem Epidemiologischen Erhebungssystem (EES) wurden medizinische Befunddaten für insgesamt 348 Probanden in Fahr- und Steuertätigkeiten im rheinischen Braunkohlrevier erfaßt und 59 verschiedene Funktionen in 101 Belastungsanalysen mit dem Belastungs-Erhebungs-System (BES) gekennzeichnet.

##### **4.1 EBES-Datenbank und statistisches Auswertesystem**

Das Datenverwaltungssystem zur Belastungs- und Befunddokumentation wurde über zwei relational miteinander verbundene Datenbanken mit BES- und EES-Daten gelöst. Dabei war der Zugriff durch Nicht-Mediziner auf personenbezogene Daten zu unterbinden. Die Struktur dieses Datenverwaltungssystems sowie Einzelheiten zur Menüführung können dem Forschungsbericht (105 f.) entnommen werden. Sowohl Belastungs- als auch Befunddaten werden in der üblichen Weise unter Anwendung des SAS-Programmpaketes häufigkeits-, profil- und clusteranalytisch ausgewertet (Landau/Luczak/Rohmert 1976, 31 ff; Landau 1978). Mit einer neu entwickelten "Cross-Cluster-Analyse" wurde zusätzlich das Ziel verfolgt, die paarweise Übereinstimmung der Clustergruppen aus unterschiedlichen Clusteranalysen der Belastungen, Befunde und Beschwerden darzustellen.

#### 4.1.1 Belastungsanalyse

Die systematische und detaillierte BES-Belastungsdokumentation für Funktionen, Einzeltätigkeiten und belastungsbezogene Tätigkeitsgruppen ergab zunächst Aufschluß zur charakteristischen Arbeitsschwere und Arbeitsschwierigkeit, zu der sicherheitsrelevanten Arbeitsgestaltung sowie zur Arbeitsorganisation. Belastungssuperpositionen im Sinne von Belastungsaddition konnten nach Art und zeitlichem Umfang identifiziert werden; Abhilfemaßnahmen zur Beseitigung von Belastungsengpässen konnten durch Ergonomie-, Arbeitssicherheits- und Konstruktionsabteilungen eingeleitet werden. Mit einer hierarchischen Clusteranalyse (Average-Verfahren, SAS-Programmsystem) wurden 11 belastungshomogene Gruppen von Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten im untersuchten Kollektiv mit 59 Funktionen identifiziert (Forschungsbericht, 125). Werden diese 11 Gruppen noch stärker zusammengefaßt, so ergeben sich 4 BES-Hauptgruppen mit gleichen Belastungsengpässen. Dies sind:

- a) Fahren Erdbaugerät / Kfz
- b) Leitstandführer / Betriebsüberwachung
- c) Fahren Großgerät
- d) Vorarbeiter / Werker

Dabei treffen für Fahrer von Erdbaugeräten, Lokomotiven, Flurförderern sowie von PKW's insbesondere Belastungen aus überwiegend sitzender Tätigkeit mit einseitig dynamischer Muskelarbeit unter Einwirkung von Lärm und Vibration bei gleichzeitiger Belastung durch Vigilanz bzw. Repetitivität der Arbeitsaufgabe und einem erhöhten Schadenverursachungsrisiko zu. Diese Angaben zu den Belastungsfaktoren und möglichen Engpässen werden von entsprechend differenzierten Belastungsprofilardarstellungen gestützt. Im Gegensatz zur Clustergruppe 1 wird die Tätigkeit von Leitstandführern, Stellwerkleitern und Disponenten in der Betriebsüberwachung (Clustergruppe 2) durch hohe Anforderungen an die Informationsaufnahmefähigkeit und Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung unter Verantwortungsdruck gekennzeichnet. Die Tätigkeit wird ebenfalls überwiegend im Sitzen, jedoch weitgehend ohne Belastung aus den physikalischen Umgebungsfaktoren ausgeübt. Aus Platzgründen wird auf eine vollständige Profildarstellung aller BES-Gruppen verzichtet. Stattdessen sei auf den Forschungsbericht verwiesen (Forschungsbericht, 128 ff.). An die Fahrer von Großgeräten werden hohe Anforderungen an die Informationsaufnahmefähigkeit bei einer stark reaktiven Tätigkeit gestellt, die, mit Ausnahme der Kontrollgänge über das Gerät, überwiegend im Sitzen ausgeübt wird. Die Stelleninhaber sind zusätzlich permanenter Vibration ausgesetzt. Das gemeinsame Kennzeichen von Vorarbeitern und Werkern ist die schwere dynamische Muskelarbeit. Daneben sind die Stelleninhaber dieser BES-Gruppe den Einwirkungen von Lärm, Vibration und Witterung ausgesetzt. An den Vorarbeiter werden zusätzlich Anforderungen im Rahmen seiner Personalverantwortung gestellt. Die aufgezeigten Belastungsengpässe dieser 4 BES-Hauptgruppen bilden die Grundlage für die Analyse der Ursachen von Erkrankungsschwerpunkten in

**Abb. 2: Profilvergleich für 4 Funktionen innerhalb des Clusters 1  
(Erdbaugeräte/ Kfz)**

der Cross-Cluster-Analyse. Die Clusteranalyse der Belastungsdaten weist insgesamt darauf hin, daß innerhalb der einzelnen Tätigkeits- bzw. Funktionscluster durchaus Inhomogenitäten auftreten. Das Vergleichsprofil (Abbildung 2) macht dies deutlich.

Im Hinblick auf die Schädigungsanalyse sind die physikalischen Umgebungsfaktoren von Interesse. Bei den Fahrern von Gabelstaplern sowie bei PKW- und Kombiwagenfahrern gilt im Hinblick auf den Belastungsfaktor Klima und hier insbesondere den ständigen Arbeitswechseln zwischen Arbeiten im Freien und im Führerstand sowie der Belastung durch Heizungs- und Lüftungsanlagen mit Nebenwirkungen wie staubige, trockene Luft bei zusätzlicher Geräuschentwicklung besondere Beachtung. Im Gegensatz dazu arbeitet der Rangierlokfahrer ausschließlich in der Führerkabine, und der Fahrer der Planierraupe verläßt die Führerkabine nur selten, um Arbeiten im Freien zu verrichten. Die Belastungshöhe und Expositionsdauer von Ganzkörperschwingungen sind mit ca. 50 % der maximal möglichen BES-Einstufung insgesamt als hoch zu bewerten, wobei die Fahrer von Planierraupen und des Kombiwagens durch Fahrten auf unebenem Gelände im Tagebau verstärkt betroffen sind. Stoßhaltigen Schwingungen sind in geringem Umfang die Fahrer von Gabelstaplern und Rangierlokomotiven ausgesetzt. Die Planierraupe ist als Kettengerät in der Regel geringerer stoßhaltiger Schwingungen ausgesetzt. Durch die vorwiegende Arbeit in Führerkabinen übersteigt der beim Stelleninhaber ankommende Schall den Schalldruckpegel von 85 dB(A) bei den hier aufgezeigten Geräten nicht. Ein weiteres Kennzeichen sind die schlechten Sichtverhältnisse durch bautechnische Gerätemängel, ungünstige Witterungseinflüsse sowie mangelnde Ausleuchtung des Arbeitsbereiches durch die schlechte Anordnung der Scheinwerfer.

Zusammenfassend konnten für die untersuchten Fahr- und Steuertätigkeiten vier belastungshomogene Hauptgruppen von Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten im untersuchten Kollektiv identifiziert werden. Gestaltungsmaßnahmen können somit in Zukunft auf die vier Hauptgruppen, nicht mehr auf die Einzeltätigkeiten oder Funktionen im Sinne einer arbeitsfeldbezogenen Mängeldiagnose (Landau/Bokranz 1986b) begrenzt werden. Damit kann eine Effizienzsteigerung in der Umsetzung der ergonomischen Erkenntnisse - auch im Sinne von § 91 Betr VG - erwartet werden.

#### 4.1.2 Arbeitsmedizinisch erhärtete Befunde

Hingewiesen sei vorab auf die bimodale Altersverteilung des Probandenkollektivs mit Schwerpunkten um die Altersgruppen 30 und 55 Jahren. Diese Verteilungsform ist Folge unterschiedlicher Einstellungsaktivitäten in Abhängigkeit der Wirtschaftslage des Braunkohlebergbaus. Bei einer starken Präsenz der Altersjahrgänge über 45 Jahre war mit höheren Schädigungsraten vor allem bezüglich Adipositas, Hypertonie, Schalleitungs- und Schallempfindungsstörung sowie chronisch degenerativen Wirbelsäulen-

erkrankungen bei diesem Teilkollektiv zu rechnen. Dies insbesondere im Gegensatz zum ebenfalls überrepräsentierten Alterskollektiv unter 35 Jahren. Für überbetriebliche Vergleiche war daher auch eine Alterskorrektur durchzuführen.

Die Häufigkeitsanalyse der ärztlich festgestellten Befunde weist bei unserer Stichprobe (mit  $n=284$ ) auf hohe Erkrankungsraten bei Fettstoffwechselstörungen mit 45,4 % des untersuchten Kollektives, Adipositas bei 45,8 % des untersuchten Kollektives, Schallempfindungsstörungen bei 49,3 %, Hypertonie bei 29,2 % des untersuchten Kollektives und chronisch degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen, wobei hier die chronisch degenerative Erkrankung der Lendenwirbelsäule mit 29,6 % des untersuchten Kollektives im Vordergrund steht, hin. Die chronisch degenerativen Erkrankungen der Halswirbelsäule trifft für 16,1 % des untersuchten Kollektives, die der Brustwirbelsäule für 8,5 % des untersuchten Kollektives zu. Darüber hinaus treten in 31 % der Fälle chronische Erkrankungen der Extremitäten auf. Im untersuchten Kollektiv haben 49 % einen korrigierten Sehfehler. Des weiteren sind die Anteile an Probanden mit erhöhtem Harnsäurespiegel (Hyperurikämie) mit 15 % des untersuchten Kollektives, der Betroffenen von einer Schalleitungsstörung mit 27 % des untersuchten Kollektives, und der chronisch obstruktiven Atemwegserkrankung mit 12 % des untersuchten Kollektives zu erwähnen. Neben den 29 % Hypertonie-Erkrankten des untersuchten Kollektives ist die Zahl der Erkrankten an koronarer Herzkrankheit mit 4,6 % der Fälle, der Probanden mit relevanter EKG-Veränderung (3,9 %) und der Personen mit Zustand nach Herzinfarkt mit 2,8 % der Fälle auffallend. Abschließend ist der Anteil an akuten Hauterkrankungen mit 10,6 % und an chronischen Hauterkrankungen mit 11,9 % des untersuchten Kollektives zu erwähnen.

Die zusätzlich vorgenommene Gegenüberstellung der Ergebnisse verschiedener epidemiologischer Studien ist nur als Orientierungshinweis zu verstehen, da den Studien unterschiedliche Fragestellungen sowie unterschiedliche Personenkollektive zugrundeliegen. Zum einen kann das untersuchte Kollektiv ( $n=284$ ) aus Mitarbeitern in Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten mit dem Kollektiv der im Jahr 1987 untersuchten Probanden des gesamten RHEINBRAUN-Personals, das 4 115 Personen umfaßt (RHEINBRAUN AG 1987), verglichen werden und zum anderen können Auswertungen des TÜV-Rheinland über 24412 G-25-Untersuchungen von 1982-1988 bei Mitarbeitern, die Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten ausüben (Haas/Petry/Schühlein 1989), zum Vergleich herangezogen werden. Dabei basieren in allen drei Untersuchungen die Aussagen zum Gesundheitszustand auf ärztlichen Diagnosen. Die "Grauzone" zwischen "gesund" und "krank" wird dabei eingeeengt. Die Vergleiche sind mit Vorbehalt zu betrachten, da den Erhebungen von RHEINBRAUN und TÜV-Rheinland ein unterschiedlicher Untersuchungsumfang zugrundeliegt. Eine weitere, sehr vage Vergleichsmöglichkeit bieten die Angaben der Arbeitsunfähigkeitsfälle der AOK Pflichtmitglieder ohne Rentner, ausgewiesen je 10.000 Pflichtmitglieder (zur Problematik dieses Vergleichs, siehe Forschungsbericht, 155 ff). Durch die Anlehnung der EES-Untersuchung an die G-25 Vorsorgeuntersuchung für Fahr-, Steuer- und

Überwachungspersonal werden alle Probanden auf Sehstörung untersucht (und bei Bedarf korrigiert), was zu dem hohen Anteil von 48,9 % an korrigierter Sehstörung führt, wobei in der Untersuchung von Haas nur für 15,4 % des Kollektivs eine Sehstörung angegeben wird (Haas/Petry/Schühlein 1989). Besondere Beachtung gilt den Krankheiten des Bewegungsapparates. Während 29,6 % unseres Kollektivs an Rückenbeschwerden leiden, sind es im RHEINBRAUN-Gesamt-Kollektiv 22,5 % und im TÜV-Kollektiv gar nur 10,5 % (Haas/Petry/Schühlein 1989). Analog dazu verläuft der Vergleich der Gelenkbeschwerden mit 31 % in unserem Kollektiv, 18,6 % bei RHEINBRAUN-Gesamt und 3,0 % im TÜV-Kollektiv. Die Anteile an Hypertonie mit 29,2 % in unserem Kollektiv sind ebenfalls bedeutend höher als im RHEINBRAUN-Gesamt-Kollektiv mit 15,4 % und mit 6,9 % in der TÜV-Untersuchungsgruppe. Analog verhalten sich die Anteile bei venösen Gefäßkrankheiten, Herzrhythmusstörungen und koronaren Herzkrankheiten. Mit 45,8 % Erkrankungsrate für Adipositas und Fettstoffwechselstörungen in unserem Kollektiv gegenüber 23,3 % im RHEINBRAUN-Gesamt-Kollektiv und 13,9 % im TÜV-Kollektiv wird das typische Erkrankungsbild des Fahr-, Steuer- und Überwachungspersonals, ergänzt um 49,3 % Hörminderung (gegenüber 43,1 % im RHEINBRAUN-Gesamt-Kollektiv) deutlich. Insgesamt weisen diese Ergebnisse bereits auf eine Bestätigung unserer Arbeitshypothesen hin. Da die Unterschiede in den drei Kollektiven jedoch auch erhebungsbedingt sind, genannt seien exemplarisch die Gründe: (unterschiedliches Belastungsrepertoire, unterschiedliche Eigenschaften, Fähigkeiten, Fertigkeiten, unterschiedliche Erhebungsmethodik und der stochastische Einfluß bei der Zusammensetzung der Stichprobe) muß der eigentliche Belastungseinfluß mit Hilfe anderer Verfahren besser herausgearbeitet werden.

Zusammenfassend gestattet das im Rahmen dieses Vorhabens entwickelte Epidemiologische Erhebungssystem eine detaillierte Häufigkeitsauswertung medizinischer Befunde. Präventivmaßnahmen des betrieblichen Gesundheitswesens können aufgrund dieser Häufigkeitsaussagen prioritätsgeordnet ergriffen werden. Zum Beispiel ist in der Arbeitsgestaltung besonderes Augenmerk auf die Schwingungsminderung von Arbeitssitzen, die Bereitstellung geeigneter Arm- und Fußstützen sowie die Anordnung und Gestaltung von Stellteilen und Anzeigen zu richten.

Eine hierarchische Clusteranalyse (Average-Linkage, SAS-Programmsystem) ergab für 15 Befundgruppen mit typischen Erkrankungsbildern eine interpretierbare Lösung (Forschungsbericht, 167 ff.). Während die Probanden in der ersten Gruppe mit Ausnahme von Schalleitungsstörungen und chronischen Extremitätenerkrankungen weitgehend ohne Befund sind, leiden die Probanden der zweiten EES-Hauptgruppe an Fettstoffwechselstörung, Hepatose, Hyperurikämie (Gicht) und Adipositas sowie an Schallempfindungsstörungen. Das Kennzeichen der dritten EES-Hauptgruppe ist die Hypertonie, die hier im Zusammenhang mit Adipositas und Schallempfindungsstörung auftritt. Im Gegensatz zur ersten EES-Hauptgruppe entfallen auf die zwei letzten EES-Hauptgruppen die Probanden, bei denen nahezu alle Befunde mindestens einmal vertreten sind. Während in der vierten EES-Hauptgruppe - neben chronischen Erkran-

kungen von Hals-, Lenden- und Brustwirbelsäule - Adipositas, Fettstoffwechselstörungen und Schallempfindungsstörungen den Schwerpunkt bilden, sind in der fünften EES-Hauptgruppe die Probanden mit korrigiertem Sehfehler und chronisch degenerativen Erkrankungen von Hals-, Lenden- und Brustwirbelsäule zusammengefaßt. Die Erkrankungshäufigkeiten in den einzelnen Befundclustern können dem Forschungsbericht entnommen werden. Zunächst ist festzuhalten, daß die bei allen Belastungs- bzw. Funktionsclustern (siehe 4.1.1) gegebenen Rücken- und Gelenkbeschwerden als Folge der Schwingungsexposition und der überwiegend sitzenden Tätigkeit mit Bewegungsmangel erklärt werden können. Aufgrund der Schichtarbeit mit Nacharbeit fanden wir erwartungsgemäß auch bei allen Gruppen Einschlaf- und Durchschlafstörungen. Vermehrt aufgetreten sind bei zwei Arbeitsplatzgruppen mit erhöhten Anforderungen aus repetitiven Tätigkeiten die Beschwerden Kopfschmerzen, Nervosität und Streßgefühl, Schwindel und ungewollter Gewichtsverlust.

Die hier aufgezeigten Ergebnisse bestätigen zunächst unsere Arbeitshypothesen von erhöhtem Blutdruck, degenerativen Wirbelsäulenschäden, Lärmschwerhörigkeit und Stoffwechselerkrankungen bei Fahr-, Steuer- und Überwachungspersonal im Tagebergbau; sie reichen jedoch für eine Beweisführung oder gar Prävention nicht aus. Zur Überprüfung der Arbeitshypothesen wird die Cross-Cluster-Analyse herangezogen.

#### 4.1.3 Verknüpfung von Befund- und Belastungsdaten

Grundlage der Cross-Cluster-Analyse sind unabhängige, hierarchische Clusteranalysen (Average-Linkage, SAS-Programmsystem) nach Befunden, Belastungen und Beschwerden. Das Ergebnis verbirgt sich dabei hinter den Verbindungslinien in der Mitte der Abbildung. Der Prozentsatz der Übereinstimmung, der die Verbindungslinie ausmacht, ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der Anzahl der Elemente aus der untersuchten BES-Hauptgruppe in der untersuchten Beschwerdegruppe und der Summe der Elemente aus der untersuchten BES-Hauptgruppe in allen Beschwerdegruppen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden für die Darstellung drei Stufen der Übereinstimmung festgelegt und unterschiedlich gekennzeichnet (siehe Legende). Die in Abbildung 3 dargestellte Cross-Cluster-Analyse zwischen Belastungen und Beschwerden sei exemplarisch am Beispiel "Erdbaugerätefahrer" - mit einem Belastungsengpaß bei den mechanischen Schwingungen - erläutert.

Erwartungsgemäß sind insgesamt 76 % dieser Stelleninhaber in Beschwerdegruppen mit Rückenbeschwerden wiederzufinden. Die Rückenbeschwerden treten zu 33 % im Zusammenhang mit Gelenkbeschwerden und Schlafstörungen und zu 43 % im Zusammenhang mit Husten und Kopfschmerzen auf. In der Gruppe der vibrationsbelasteten Großgeräteführer haben 56 % Rückenbeschwerden. Als weitere Ursache für Rückenbeschwerden kann auch die schwere dynamische Muskelarbeit angesehen

werden, denn 41 % der vierten BES-Hauptgruppe, die schwere dynamische Muskelarbeit als Belastungsengpaß haben, leiden an Rückenbeschwerden. Weiterhin ist anzumerken, daß von den Stelleninhabern im Leitstand, die unter Zeit- und Entscheidungsdruck bei hohen Anforderungen an die Aufmerksamkeits- und Reaktionsleistung arbeiten, 47 % regelmäßig an Nervosität, Abgeschlagenheit, Kopfschmerzen und Schlafstörungen leiden. Weniger eindeutig sind die Vergleiche von belastungs- und befundhomogenen Gruppen. Es fällt auf, daß beispielsweise die chronischen Extremitäten- und Wirbelsäulenerkrankungen sowie Schallempfindungsstörungen sowohl bei vibrations- und lärmbelasteten Erdbau- und Großgeräteführern als auch bei Stelleninhabern in Leitständen auftreten, die am derzeitigen Arbeitsplatz keine Vibration und keinen Lärm haben. Dies ist darauf zurückzuführen, daß gravierende Befunde bei einem funktionierenden arbeitsmedizinischen Dienst zum Arbeitsplatzwechsel innerhalb des Betriebes führen. Die Cross-Cluster-Analyse verdeutlicht darüber hinaus, daß von den Stelleninhabern, die unter Zeit- und Entscheidungsdruck bei stark reaktiven Tätigkeiten im Leitstand arbeiten, 34 % an Hypertonie leiden. Obgleich diese Beziehungen durch funktionsbezogene Häufigkeits- und Kontingenzanalysen erhärtet sind, gilt es im Hinblick auf Verallgemeinerungsmöglichkeiten den eingeschränkten Stichprobenumfang von 284 Probanden zu beachten.

Die Zuordnung der beiden Datensphären mit dem Ziel des Nachweises arbeitsbedingter Erkrankungen wurde auch über Mehrfeldertafeln vorgenommen. Da die Befunde zu Alternativmerkmalen transformiert wurden (Kategorien "krank" und "nicht-krank"), schieden Korrelationsanalysen mit den ordinalskalierten Belastungsdaten aus. Im Sinne einer möglichst rigiden Überprüfung unseres gewählten Zuordnungsansatzes sollte die "Grauzone" mit Zwischenstufen im Kontinuum gesund-krank nicht zugelassen werden. Bei der Zuordnung von Belastungen und Befunden entstanden 2x5-Tafeln aus den 5 Belastungsstufen des BES und den Alternativmerkmalen der Befunde. Die Zuordnung von Belastungen und Beschwerden erfolgte entsprechend in 6x5-Tafeln, da die Beschwerden mit einer 6-stufigen Häufigkeitsskala angegeben sind. Durch die ungleiche Feldbesetzung (geringe Erkrankungsrate bei einer großen Gruppe der Gesunden bzw. Beschwerdefreien) war bei der Kontingenzanalyse nur mit wenigen signifikanten Ergebnissen zu rechnen. Deshalb können die Kontingenzkoeffizienten nur punktuell zur Interpretation herangezogen werden. Ein weiteres Problem der Kontingenzanalyse ist die Notwendigkeit einer Kausalitätsprüfung der formalen Zusammenhänge, um Scheinkorrelationen auszuschließen. Zusätzlich war der Gefahr der Gemeinsamkeitskoeffizienten zu begegnen. Weitere Ausführungen zur Problematik bei der Anwendung multivariater statistischer Analysen können dem Forschungsbericht (176ff.) entnommen werden.

Offen ist, im Hinblick auf die mikro-epidemiologische Modellvorstellung, die verstärkte Einbindung der jetzt schon vorliegenden Längsschnittdaten - insbesondere was die Angabe der früher ausgeübten Berufe sowie die vom Arzt erfragten früheren Arbeitsbelastungen angeht. Neben dem Aufbau einer betrieblichen Mikro-Epidemio-

**Abb. 3: Cross-Cluster-Analyse zwischen Belastungen und Beschwerden  
(Average-Linkage, SAS-Programmsystem)**

logie und damit dem Nachweis von arbeitsbedingten Schädigungen, war es Aufgabe dieser Studie Zusammenhänge zwischen Belastungen und Erkrankungen mit quantifizierbarer Sicherheit vorherzusagen. Dazu wird im folgenden nur kurz Stellung genommen. Umfassende Diskussionen, insbesondere auch zum Einsatz von stochastischer Prozeßtheorie und Netztheorie, können den Ausführungen von Brauchler entnommen werden (Brauchler 1992, 151ff.).

#### 4.2 Das EBES als Expertensystem

Für die Architektur von Expertensystemen ist die Trennung zwischen Wissensbasis, bestehend aus Fakten und Regeln, und Problemlösungsstrategien charakteristisch; denn damit wird die Aufnahme- und Lernfähigkeit von Expertensystemen erreicht. Problemlösungsstrategien verfolgen dabei das Ziel, mit Hilfe der Abarbeitung von Regeln logische Schlußfolgerungen aus der Wissensbasis zu ziehen. Bevor Problemlösungsstrategien wie Vorwärts- und Rückwärtsverkettung zum Einsatz kommen, ist die Wissensbasis zu erstellen. Der Aufbau der EBES Wissensbasis erfolgte induktiv, das heißt mit Hilfe der Regelinduktion aus den vorhandenen BES- und EES Datenbanken. Das induktive Vorgehen hat hier gegenüber dem deduktiven Vorgehen anhand von Expertenwissen den Vorteil, daß sich aus der Häufigkeitsverteilung der Belastungs-Schädigungs-Kombinationen Sicherheitsfaktoren für die ermittelten Regeln ableiten lassen. Die EBES-Wissensbasis wurde exemplarisch mit Hilfe des ID3-Algorithmus, einem Klassifikationsprogramm nach Quinlan durchgeführt. Grundlage der Regelinduktion ist das bei Brauchler aufgezeigte Entity-Relationship-Modell (Brauchler 1992, 188). Es sagt stark vereinfacht aus, welche Beziehungen zwischen den einzelnen Entitäten bzw. Zuständen bestehen. Dabei werden die Entitäten von Attributen bzw. Einflußfaktoren und deren Aspekten bzw. Ausprägungen charakterisiert. Für die Krankheitsentstehung wesentlich sind dabei die Entitäten heutige Belastungssituation, redefinierte heutige und frühere Belastungssituationen, der Mensch mit seiner spezifischen Anamnese und Berufsfolge, dem Gesundheitsstatus sowie der sozialen und habituellen Situation. Im einzelnen verbergen sich beispielsweise hinter der Entität "heutige Belastungssituation" die 130 Merkmale des BES als Attribute mit den jeweiligen Skalenstufen. Eine umfassende Liste dieser Attribute zum Entity-Relationship-Modell kann dem Anhang der Dissertation Brauchler entnommen werden (Brauchler 1992, 235ff.).

Im Hinblick auf die Prognose von Erkrankungen wird als Ziel der Regelinduktion die Erkrankungsprognose gewählt, so daß Regeln induziert werden, die der Aussage entsprechen: Wenn konkrete Einflußfaktoren einer bestimmten Intensität auftreten, dann ist die Erkrankung mit der Wahrscheinlichkeit  $Z$  in % vorhanden oder nicht vorhanden.

Aus der durchgeführten Regelinduktion lassen sich beispielsweise die Aussagen ableiten, daß chronische Erkrankungen der Lendenwirbelsäule auftreten, wenn

- das regelmäßige Heben von Lasten zur Tätigkeit gehört (64 % Sicherheit),
- Stelleninhaber nur am heutigen Arbeitsplatz deutlich spürbare Vibrationen empfinden (30 % Sicherheit),
- Stelleninhaber sowohl an früheren als auch am heutigen Arbeitsplatz deutlich spürbare Vibrationen empfunden haben bzw. empfinden (65 % Sicherheit).

Analog dazu ergab die Regelinduktion im Hinblick auf den Nachweis von Bluthochdruck beispielsweise die Aussagen, daß Bluthochdruck auftritt, wenn

- die Tätigkeit gemäß der Belastungserhebung unter Zeitdruck und unter Entscheidungsdruck ausgeübt wird (38 % Sicherheit),
- der Stelleninhaber über 50 Jahre alt ist (34 % Sicherheit),
- der Stelleninhaber über 30 Zigaretten täglich raucht (29 % Sicherheit) und daß Bluthochdruck nicht auftritt,
- der Stelleninhaber regelmäßig bis zu 4 Stunden Sport pro Woche betreibt, (eine der wenigen Regeln, die in den 45 vorkommenden Fällen zu 100 % zutrifft).

Die hier dargestellten Regeln sind aufgrund der geringen Stichprobengröße von 284 Probanden nicht zu verallgemeinern; sie können jedoch als Ausgangspunkt für den Aufbau einer lernfähigen Wissensbasis dienen. An dieser Stelle sind einige Anmerkungen notwendig, um auch die Zweckmäßigkeit eines Expertensystems zu verdeutlichen, das auf einer zunächst klein erscheinenden Wissensbasis aufbaut:

- Bereits in der Aufbauphase der Wissensbasis werden bei induktiver Vorgehensweise Aussagen in Regelform mit zugehörigem Sicherheitsfaktor ausgewiesen.
- Der systematische Aufbau der Wissensbasis mit einem Framekonzept sichert die Ausbau- und Änderungsfähigkeit bzw. die erforderliche Flexibilität des Systems.
- Bereits im Entwicklungsstadium kann von einem Expertensystem jederzeit problemlos eine Laufzeitversion erstellt werden, die dem Mediziner auch ohne Programmierkenntnisse eine benutzerfreundliche Anwendungsebene bietet.

## 5 Grenzen des Aufbaus eines epidemiologischen Frühwarnsystems

Die in diesem Forschungsvorhaben auf der Basis eines Belastungs-/Beanspruchungs-/Beschwerden-/Befund-Modells ("4B-Modell") untersuchte Verknüpfung zwischen Belastungen aus Arbeitsinhalt und Arbeitssituation und möglichen arbeitsbedingten Schädigungen hat gezeigt, daß ein solcher Ansatz für den Aufbau einer betrieblichen Mikro-Epidemiologie geeignet ist.

Das neu entwickelte Verfahren einer Cross-Cluster-Analyse zwischen Belastungen und Beschwerden wies unter anderem auf Zusammenhänge in bezug auf Gelenkbe-

schwerden hin. Weiterhin besteht ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit und Überlagerung von Reaktionen sowie Entscheidungs- und Zeitdruck auf der Belastungsseite und Nervosität, Abgeschlagenheit, Kopfschmerzen und Schlafstörungen auf der medizinischen Seite. Die Cross-Cluster-Analyse zwischen Belastungen und Befunden zeigt zusätzliche Zusammenhänge zwischen Vibration und chronischen Extremitätenerkrankungen, Lärm und Schallempfindungsstörung, einseitig dynamischer Muskelarbeit bei überwiegend sitzender Tätigkeit und Fettstoffwechselstörungen, Adipositas, Gicht sowie Hepatose auf. Darüber hinaus sind Zeit- und Entscheidungsdruck sowie Aufmerksamkeitsleistungen auf der Belastungsseite mit Hypertonie auf der medizinischen Seite verknüpft. Diese Zusammenhänge sind zwar seit vielen Jahren bekannt, sie konnten jedoch bisher auf betrieblicher Basis nicht mit der Angabe einer statistischen Sicherheit zur Belastungs-/Befundkombination versehen werden. Das statistische Auswertungs-System liegt ebenso wie die EBES-Datenbank in einer Form vor, die in der betrieblichen Mikro-Epidemiologie eingesetzt werden kann; doch zielen beide Teile des Datenverarbeitungssystems auf den Nachweis von Schädigungen im Ist-Zustand ab und sind damit nicht in der Lage, Schädigungen mit quantifizierbarer Sicherheit zu prognostizieren. Darüber hinaus ist es im Rahmen des statistischen Auswertungs-Systems nicht möglich, die Multikausalität und Retrospektivität der Krankheitsentstehung umfassend zu berücksichtigen. Während in der Cross-Cluster-Analyse die habituelle und soziale Situation des Stelleninhabers nicht miteinbezogen wird, erlauben Kontingenzanalyse und Mehrfeldertafeln nur die eindimensionale Überprüfung von Schädigungsursachen, also entweder die Frage nach einer Belastung oder nach einem anderen Einflußfaktor (z.B. Rauchgewohnheit), nie jedoch die gleichzeitige Berücksichtigung mehrerer Einflußfaktoren.

In einer weiterführenden Studien wird derzeit der Prototyp eines Expertensystems aufgebaut, da nur mit Hilfe der Expertensystemtechnik unter zusätzlichem Einsatz von Fuzzy Sets die Einbindung aller Indikatoren gleichzeitig möglich ist: womit sowohl der Multikausalität als auch der Retrospektivität bei der Prognose arbeitsbedingter Schädigungen die erforderliche Beachtung zukommt.

## Literatur

- Brauchler, Regina (1992): Schädigungsanalyse als Basis eines epidemiologischen Frühwarnsystems. Universität Hohenheim, Hamburg
- Ferber von, Liselotte, Wolfgang Slesina (1981): Arbeitsbedingte Krankheiten, in: (WSI) Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliches Institut des DGB (Hg): Sozialpolitik und Produktionsprozeß. Beiträge praxisorientierter Forschung, Köln
- Haas, Johannes, J. Petry, W. Schühlein (1989): Untersuchung zur Verringerung berufsbedingter Gesundheitsrisiken im Fahrdienst des öffentlichen Personennahverkehrs, in: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 4/8. Köln 241ff

- Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. (1986): BK-DOK 84 - Dokumentation des Berufskrankheitengeschehens in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin
- Landau, Kurt, Holger Luczak, Walter Rohmert (1975): Der Arbeitswissenschaftliche Erhebungsbogen zur Tätigkeitsanalyse; in: Walter Rohmert, Joseph Rutenfranz (Hg.): Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen Arbeitsplätzen. Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung, Bonn, 251-293
- Landau, Kurt, Holger Luczak, Walter Rohmert (1976): Clusteranalytische Untersuchungen zum Arbeitswissenschaftlichen Erhebungsbogen zur Tätigkeitsanalyse - AET; in: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 1/76, 31-39
- Landau, Kurt (1978): Das Arbeitswissenschaftliche Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse - AET. Dissertation, Darmstadt
- Landau, Kurt, Walter Rohmert (Hg.) (1981): Fallbeispiele zur Arbeitsanalyse. Ergebnisse zum AET Einsatz, Bern/Stuttgart/Wien
- Landau, Kurt, Rainer Bokranz (1986a): Das arbeitswissenschaftliche Erhebungsverfahren zur Leistungslohnanalyse - AEL. Dt. MTM-Gesellschaft Industrie und Wirtschaftsberatung mbH. Hamburg
- Landau, Kurt, Rainer Bokranz (1986b): Istzustands-Analyse in Arbeitssystemen - Methoden und Erkenntnisse von Istzuständen an Arbeitsplätzen und in Arbeitsfeldern; in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (ZfB), 56, 8, 728-754
- Landau, Kurt, u. a. (1990): Eignung arbeitsanalytischer Verfahrensweisen zur Prognose möglicher arbeitsbedingter Schädigungen, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund
- Lehnert, Gerhard (1980): Round Table Gespräch: Arbeitsbedingte Gesundheitsschäden - Fiktion oder Wirklichkeit. Bericht über die 20. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e.V. Stuttgart
- RHEINBRAUN AG (1987): Statistik der 1987 erhobenen Befunde - Auswertung der Untersuchungen und der medizinisch-technischen Tests bei 4115 männlichen Arbeitnehmern der RHEINBRAUN AG. Unveröffentlichtes Manuskript, Köln
- Rohmert, Walter, Holger Luczak, Kurt Landau (1975): Arbeitswissenschaftlicher Erhebungsbogen zur Tätigkeitsanalyse - AET; in: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 4/75, 199-207
- Rohmert, Walter, Kurt Landau (1979): Das Arbeitswissenschaftliche Erhebungsverfahren zur Tätigkeitsanalyse -AET-. Handbuch und Merkmalheft. Bern
- Rutenfranz, Joseph (1983): Arbeitsbedingte Erkrankungen - Überlegungen aus arbeitsmedizinischer Sicht; in: Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Präventivmedizin, 18, 11, 257ff
- Scherg, H. (1986): Sozialmedizinische Probleme der Krankheitsentstehung; in Maria Blohmke (Hg.): Sozialmedizin. Stuttgart, 1-20
- Valentin, Helmut (1980): Round Table Gespräch: Arbeitsbedingte Gesundheitsschäden - Fiktion und Wirklichkeit. Bericht über die 20. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin e.V. Stuttgart

Anschriften der VerfasserInnen:

Kurt Landau

Regina Brauchler

---

Universität Hohenheim  
Fachgebiet Arbeitswissenschaft  
Postfach 70 05 62  
70599 Stuttgart

Universität Hohenheim  
Fachgebiet Arbeitswissenschaft  
Postfach 70 05 62  
70599 Stuttgart

Wolfgang Brauchler  
Universität Hohenheim  
Fachgebiet Arbeitswissenschaft  
Postfach 70 05 62  
70599 Stuttgart  
(zum Zeitpunkt der Untersuchung)

Wolfgang Ballé  
Rheinbraun AG  
Abt. für angewandte Arbeitswissenschaften  
Stüttgenweg 2  
50859 Köln

Ulrich Blankenstein  
Rheinbraun AG  
Arbeitsmedizinisches Zentrum  
Wickratherhofweg  
50895 Köln