



HVBG

Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

BIA-Report 12/96

Fachgespräch Ergonomie

Zusammenfassung der Vorträge,
gehalten während des
BIA-Fachgespräches „Ergonomie“
am 22. und 23. Mai 1995



HVBG

Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Bearbeitet von: Jürgen Kupfer
Berufsgenossenschaftliches Institut
für Arbeitssicherheit — BIA

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen
Berufsgenossenschaften (HVBG)
Alte Heerstraße 111, 53754 Sankt Augustin
Telefon: 0 22 41 / 2 31 - 01
Telefax: 0 22 41 / 2 31 - 3 33
— Dezember 1996 —

Satz und layout: HVBG, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Druck: kj-druck, Bonn

ISBN: 3-88383-430-0
ISSN: 0173-0387

Kurzfassung

Prävention im Arbeitsschutz läßt sich schon lange nicht mehr auf jene Einflüsse beschränken, bei denen für sogenannte klassische Arbeitsumweltfaktoren wie Gefahrstoffe, Vibrationen oder Lärm gesundheitsgefährdende Expositionen oder Belastungen vermieden werden. Die Anpassung der Arbeit an unterschiedliche Leistungsvoraussetzungen des Menschen mit den individuellen, geschlechts-, alters- und zeitbedingten Schwankungen steht überall dort im Vordergrund, wo wirtschaftliche Effektivität und humanes Anliegen in der Praxis in Übereinstimmung gebracht werden können. Der Ergonomie als Wissenschaftsdisziplin, die nach Erkenntnissen sucht, nach denen sich solche Regeln zur Gestaltung von Arbeitsbedingungen ableiten lassen, wird hier als Bindeglied zur Umsetzung in die Präventionspraxis gefordert.

Bei ihrem gesetzlichen Auftrag, Unternehmen zu beraten, werden die Berufsgenossenschaften in zunehmendem Maße damit konfrontiert, sachkundig Auskunft z.B. zur Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen oder zur Vermeidung von Überbeanspruchungen beim Transport durch Heben und Tragen schwerer Lasten zu geben. Diese Beratung setzt zunehmend Kenntnisse

über die Physiologie, Biomechanik und Anthropometrie des Menschen und darauf abgestimmte und biologisch begründete Richtwerte voraus. Sehr oft ist Umdenken gefragt: Nicht der Mensch, sondern das „Ding“ kann gestaltet und genormt werden! Dabei können beispielgebende, ergonomisch durchdachte Gestaltungslösungen den Praktiker besonders gut überzeugen.

Diese Situation war Anlaß für das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitssicherheit — BIA, ein Fachgespräch zum Thema „Ergonomie“ durchzuführen und mit interessierten Berufsgenossenschaften in einen Erfahrungsaustausch zu treten. Vorangestellt wurden zwei einführende Vorträge, die beispielhaft bestehendes Wissen und dessen Anwendungsmöglichkeiten deutlich machen sollten. Erfahrungsberichte einzelner Unfallversicherungsträger schlossen sich an, wobei das aktuelle Thema „Vermeidung berufsbedingter Wirbelsäulenerkrankungen durch Heben/Tragen/extremes Rumpfbeugen“ einen besonderen Schwerpunkt bildete.

Die Vorträge des Fachgesprächs sind in diesem BIA-Report zusammengestellt. Das Ergebnis der regen Diskussion wird abschließend zusammengefaßt.

Abstract

In the field of workplace protection, prevention has long since ceased to be restricted to avoiding dangerous levels of exposure to and strain from classic working environment factors such as hazardous substances, vibrations and noise. Adapting work processes to take into account the different prerequisites employees require to perform their job must be a priority if economic effectiveness is to be reconciled with humane working conditions. This involves making allowances for fluctuations influenced by the sex and age of the employee and time-related factors. Ergonomics, a scientific discipline that aims to obtain findings on the basis of which rules on designing working conditions can be drawn up, is being used in this respect to provide a link between theoretical findings and their implementation in practice as part of prevention strategy.

As they fulfil their legal duty to provide companies with advice, the Berufsgenossenschaften are increasingly being confronted with the need to provide expert advice on such matters as the layout of computer workstations or avoiding excessive strain from the lifting and carrying of heavy loads during transportation work. Providing advice of this sort requires comprehensive knowledge of human-related physiology, biomechanics and anthro-

pometry, as well as on guidelines calculated on the basis of this knowledge and based on biological evidence. Very often, it is a matter of reconsidering the situation: it is not the individual but the "thing" that can be designed and adapted in accordance with industrial standards. In such a way, it is possible to find exemplary solutions devised on the basis of ergonomics that convince those responsible for implementation of their value.

It was this situation which led the Berufsgenossenschaft Institute for Occupational Safety (BIA) to organise a specialist discussion devoted to the subject of ergonomics and to exchange experience with interested Berufsgenossenschaften. Two introductory presentations aimed to provide an account, using examples, of the existing body of knowledge and possible areas of application. These presentations were then followed by experience reports from individual accident insurance bodies, whereby special attention was devoted to the topical subject "Avoiding occupational related spinal conditions caused by lifting/carrying/extreme bending forward".

The presentations given at this event are brought together in this BIA Report. The conclusion of the report sums up the outcome of the lively discussion.

Résumé

Il y a longtemps que la prévention dans le domaine de la protection du travail ne peut plus être limitée aux influences pour lesquelles des expositions ou des sollicitations nuisibles à la santé sont évitées pour des facteurs dits classiques d'environnement du travail comme les substances dangereuses, les vibrations ou le bruit. L'adaptation du travail à différentes conditions préalables de performance humaine avec les fluctuations individuelles, en fonction du sexe, de l'âge et du temps est au premier plan partout où la rentabilité et l'humanité peuvent être associées dans la pratique. L'ergonomie en tant que discipline scientifique à la recherche de connaissances desquelles on peut déduire de telles règles de configuration des conditions de travail, est ici favorisée comme lien pour la mise en œuvre dans la pratique de la prévention.

Dans le cadre de leur mission légale, qui consiste à conseiller les entreprises, les Berufsgenossenschaften sont de plus en plus appelées à donner des renseignements compétents, concernant par ex. la configuration des postes de travail informatiques ou l'évitement de sollicitations excessives pendant le transport suite au soulèvement et à la manutention de charges lourdes. Ces conseils présupposent de vastes connaissances en physiologie, en bio-

mécanique et en anthropométrie, ainsi que des éléments d'évaluation adaptés basés sur la biologie. Il faut très souvent changer de façon de penser: ça n'est pas l'homme, mais la «chose» que l'on peut configurer et normaliser! Dans ce contexte, des solutions de configuration exemplaires, bien pensées sur le plan ergonomique, peuvent particulièrement bien convaincre le praticien.

Cette situation a amené l'Institut pour la sécurité du travail des Berufsgenossenschaften — BIA — à organiser des entretiens spécialisés sur le thème de l'«ergonomie» et à échanger des expériences avec des Berufsgenossenschaften intéressées. Les entretiens ont été précédés de deux exposés d'introduction qui devaient montrer nettement et de manière exemplaire les connaissances dont on dispose et leurs possibilités d'application. Des rapports d'expérience de différents organismes d'assurance accidents ont suivi, le thème actuel de l'«évitement de maladies professionnelles de la colonne vertébrale dues au soulèvement/à la manutention/à la flexion extrême du torse» étant un des éléments principaux.

Les exposés des entretiens spécialisés sont réunis dans ce rapport du BIA. Le résultat de la discussion animée est ensuite résumé.

Resumen

Hace tiempo que la protección en el ámbito laboral ha cesado de limitarse a las medidas con las cuales se pretendía evitar la exposición del individuo a los clásicos factores del ambiente laboral, es decir, a los efectos de sustancias peligrosas, vibraciones y ruido, todos ellos perjudiciales para la salud. La adaptación del trabajo a la capacidad de rendimiento de cada individuo, teniendo en cuenta particulares como su edad, su sexo o cualquier fluctuación de carácter temporal, constituye la base fundamental de todo empeño por reunir en la práctica la rentabilidad y la eficacia con los intereses del ser humano. La ergonomía en función de disciplina científica, siempre en busca de conocimientos y reglas que puedan servir en la creación de nuevas condiciones laborales, se estimula en este caso como criterio válido para la práctica preventiva.

En su función oficial de asesores empresariales, las Berufsgenossenschaften se ven obligadas a desempeñar el papel de órgano de información pericial cada vez con mayor frecuencia; por ejemplo, en la creación de puestos de trabajo informatizados o en la introducción de medidas para evitar el esfuerzo excesivo cuando se levantan o se trasladan cargas pesadas. Esta función de asesoramiento exige amplios conocimientos de la fisiología, biomecánica y antropometría del ser

humano, así como de los valores teóricos relativizados y justificados por índices biológicos. Con frecuencia es necesario cambiar de parecer: no es el «hombre» sino el «objeto» el que admite reformas y estandarización. De hecho, en la práctica encontramos ejemplos muy convincentes de soluciones bien pensadas en cuanto a propiedades ergonómicas.

He aquí la situación que impulsó al Instituto para la seguridad laboral de las Berufsgenossenschaften — BIA — a organizar la conferencia sobre el tema «Ergonomía» y a estimular el intercambio de opiniones con otras mutuas patronales interesadas en el tema. Se presentaron dos discursos introductorios cuyo propósito consistía en exponer de manera clara y ejemplar los conocimientos disponibles y las posibilidades de aplicación de los mismos. Algunas compañías de seguros contribuyeron con informes basados en la experiencia, si bien uno de los puntos que acaparó mayor interés fue el tema actual «Evitación de enfermedades de la columna vertebral debidas al desempeño de profesiones que exigen el levantamiento/transporte de cargas y flexión extrema del tronco».

Este informe del BIA recoge todos los discursos de la conferencia. El resultado de la enérgica discusión se resumirá al final.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einführung zum Fachgespräch Ergonomie <i>Karlheinz Meffert, Sankt Augustin</i>	9
Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen <i>Helmut Strasser, Siegen</i>	13
Computergestützte ergonomische Gestaltung <i>Heiner Bubb, München</i>	49
Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen in Bahnen und Bussen des öffentlichen Nahverkehrs <i>Jörg Weymann, Hamburg, und Wolfgang Pfeiffer, Sankt Augustin</i>	79
Grundsätze ergonomischer Anforderungen nach DIN-EN 614-1 <i>Wolfgang Andler, Mannheim</i>	87
Aktivitäten der Fachstelle Ergonomie der Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft und Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft <i>Heinz Rüschemschmidt, Dortmund</i>	91
Bauspezifische Rückenschule für Auszubildende – Vermittlung ergonomischer Inhalte und Verhaltensweisen <i>Sonja Gütschow, Hamburg</i>	97
Zur Prävention von Wirbelsäulenerkrankungen – „Kreuz-Weisheiten“ <i>Wolfgang Pichl, Langenhagen</i>	101
Belastungskatalog „Heben und Tragen von Lasten“ <i>Eberhard Christ und Jürgen Kupfer, Sankt Augustin</i>	103
Ergonomie im Spiegelbild berufsgenossenschaftlicher Öffentlichkeitsarbeit <i>Jürgen Kupfer, Sankt Augustin</i>	111
Schwerpunkte der Diskussion – eine Zusammenfassung <i>Jürgen Kupfer und Eberhard Christ, Sankt Augustin</i>	117
Anschriften der Autoren	121

Einführung zum Fachgespräch Ergonomie

Karlheinz Meffert, Sankt Augustin

Fachgespräche mit den Berufsgenossenschaften haben im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit — BIA eine lange Tradition. Regelmäßige Fachgespräche werden zu den Themen „Gefahrstoffe“ und „Maschinensicherheit“ durchgeführt, besondere, aktuelle Themen werden nach Bedarf aufgegriffen. Das Fachgespräch „Ergonomie“, über das an dieser Stelle berichtet wird, gehört ebenso wie die in der jüngeren Vergangenheit abgehaltenen Fachgespräche „Innenraumluftqualität“ und „Dioxine/Furane“ zu den Veranstaltungen, die wegen ihrer aktuellen Problematik veranstaltet wurden.

Bei sehr komplexen Fragestellungen hat es sich das BIA zur Regel gemacht, auch externe Experten zu den berufsgenossenschaftlichen Fachgesprächen hinzuzubitten, um deren Wissen in die eigenen Überlegungen mit einbeziehen zu können: Zum Fachgespräch „Ergonomie“ konnten die Herren Professor Bubbe von der Universität München und Professor Strasser von der Universität und Gesamthochschule Siegen gewonnen werden.

Seit einigen Jahren ist allenthalben von der Notwendigkeit die Rede, komplexe Problembereiche, wie beispielsweise die Arbeitsumwelt, „ganzheitlich“ anzugehen.

Ganz besonders die Ergonomie setzt eine ganzheitliche Betrachtung vom

Grundsatz her voraus: Einbezogen werden müssen beispielsweise die Arbeitsbedingungen, die Arbeitssysteme, die Arbeitsmittel. In die Überlegungen muß aber auch die biologisch determinierte Vielfalt der Menschen einbezogen werden, die unzweifelhaft gerade das Individuum erst ausmacht. Dazu gehören natürlich nicht nur die individuellen physischen Leistungsvoraussetzungen wie Körpermaße, Ausdauer, Kraft. Auch die geistigen Leistungsvoraussetzungen müssen integraler Bestandteil ergonomischer Überlegungen in Verbindung mit dem Arbeitsplatz sein.

Das Interesse an ergonomischen Fragestellungen hat in den letzten Jahrzehnten zweifellos deutlich zugenommen. Daraus den Schluß zu ziehen, daß dies ein Indiz für immer schlechter werdende Arbeitsbedingungen sei, wäre natürlich unverantwortlich. Es bedarf keiner ausführlichen Begründung, wenn man feststellt, daß im Mittel die Arbeitsbedingungen in den 50er, 60er und teilweise 70er Jahren, zumindest was die Arbeitsschwere betrifft, deutlich schlechter waren. Es hat aber in den letzten Jahrzehnten Entwicklungen gegeben, die die Art der Belastungen geändert und die Schwerpunkte verschoben haben. So dürfte die Arbeitsdichte und vielleicht auch die mentale Beanspruchung heute durchschnittlich höher sein als früher. Auch die Struktur der Arbeitsplätze und die eingesetzten

Einführung zum Fachgespräch Ergonomie

Arbeitsmittel haben sich erkennbar verändert:

□ Während 1960 noch gut 60 % der Erwerbstätigen im produzierenden Gewerbe einschließlich der Land- und Forstwirtschaft tätig waren, ist dieser Anteil 1992 auf knapp 40 % zurückgegangen. Im gleichen Zeitraum hat sich die Anzahl der Arbeitsplätze in den Bereichen Handel/Verkehr, Dienstleistungen (einschließlich Staat) von 9 auf 16 Millionen erhöht (aus: Statistisches Jahrbuch 1994).

□ Hinter diesen Zahlen steckt zusätzlich ein gewaltiger Wandel in der Art der Arbeitsplätze. Die Mehrzahl aller Tätigkeiten wird im Sitzen durchgeführt. Vermutlich könnte man heute das Sitzmöbel — durchaus ernst gemeint — als das wichtigste „Arbeitsmittel“ unserer modernen Industriegesellschaft bezeichnen!

□ Nicht zu vergessen natürlich das moderne Arbeitsmittel Nummer eins, der Personalcomputer. Zur Quantität gibt es unterschiedliche Schätzungen, die bis zu etwa 10 Mio. Bildschirmarbeitsplätze in Deutschland reichen — Tendenz weiter zunehmend.

Im Zusammenhang mit Bildschirmarbeitsplätzen kann und wird man sich nicht auf die „Bandmaßergonomie“ beschränken. Vielmehr erfordern zusätzliche Aspekte unsere Aufmerksamkeit, die unter dem

Begriff „Softwareergonomie“ bekannt geworden sind, wie beispielsweise die Bildschirmgestaltung, die Zeichenerkennung, die Sinnfälligkeit der Oberfläche für Anwender, die Benutzerführung und vieles mehr. Ein Indiz für die Aktualität des Themas „Bildschirmarbeitsplätze“ ist die leider noch nicht in Deutschland umgesetzte Bildschirmrichtlinie.

An dieser Stelle sei auf eine Problematik hingewiesen, die mit der Ergonomie und den Veränderungen im Arbeitsleben nicht unmittelbar zusammenhängt, aber hin und wieder in der sozialpolitischen Diskussion als „Aufhänger“ herhalten muß:

□ Da werden beispielsweise die gerade genannten Zahlen zunehmender Arbeitsplätze mit sitzender Tätigkeit im gleichen Atemzug genannt mit der Anzahl der Erkrankungen des Bewegungsapparates, die zur Frühinvalidität führen. Diese lag bereits 1985 immerhin zwischen 19 und 24 % aller Frühinvaliditätsfälle, je nach Geschlecht (aus: Untersuchungen für empirische Soziologie, Nürnberg).

□ Oder aber es wird — mit indirektem Verweis auf die schlechten Arbeitsbedingungen — beklagt, daß immer mehr Arbeitnehmer vor dem Erreichen der gesetzlichen Altersgrenze aus dem Erwerbsleben ausscheiden müssen. So sei in Deutschland der Anteil der 60- bis 64jährigen, die noch im Erwerbsleben

stehen, in den Jahren 1960 bis 1990 von 72 % auf 34 % gesunken (aus: Frühinvalidität in der BRD, Deutscher Ärzteverlag).

Daß im ersten Fall insbesondere auch private Lebensweisen und Prädispositionen eine entscheidende Rolle spielen, wird häufig in der Diskussion vernachlässigt. Im zweiten Fall sind die Zahlen ebenfalls durchaus richtig — die Schlußfolgerung aber falsch, weil das Absinken des Anteils Älterer an den Erwerbstätigen strukturelle Ursachen hat, nämlich in erster Linie sind hier der angespannte Arbeitsmarkt und die vielfältigen Möglichkeiten zum vorzeitigen Ausscheiden aus dem Erwerbsleben zu nennen.

Auch in solchen Diskussionen können und sollen die Berufsgenossenschaften mit Argumenten und Fakten beitragen, die Diskussionen um Arbeitsbelastungen und deren Auswirkungen zu versachlichen.

Das Fachgespräch „Ergonomie“ ist natürlich nicht dazu da, solche Aspekte zu erörtern; vielmehr stehen fast ausschließlich Fragen zur Feststellung von Belastungen durch ungenügende Ergonomie und mögliche Präventionsmaßnahmen zur Debatte. Ziel dieses Fachgespräches „Ergonomie“ ist es, den Berufsgenossenschaften eine Plattform für den Austausch von Informationen zu bieten und branchenübergreifend neue Anregungen zur Intensivierung ihrer Präventionsarbeit auf diesem Gebiet zu liefern.

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen*

Helmut Strasser, Siegen

1 Zusammenfassung

Das Einhalten von technischen Normen und Regeln garantiert die gegenseitige Anpaßbarkeit und Austauschbarkeit von Konstruktionselementen sowie die Qualität von technischen Produkten. Ebenso sollen soziotechnische Regelungen und Standards zu möglichst weitgehend genormten Schnittstellen zwischen den Human Factors und den technischen Komponenten eines Mensch-Maschine-Systems führen. Damit sollen letztlich die Effizienz der Arbeit sichergestellt und unerwünschte Rückwirkungen der Arbeit auf den Menschen vermieden werden. Die als oberstes Ziel der Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen anzustrebende Kompatibilität zwischen den Eigengesetzlichkeiten und Funktionsprinzipien des menschlichen Organismus einerseits und den gestaltbaren technischen Komponenten eines Arbeitssystems andererseits birgt auch tatsächlich ein hohes Potential an Präventionsmöglichkeiten auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes.

Am Beispiel ergonomisch gestalteter Arbeitsmittel wird gezeigt, daß Kompati-

bilität eine Reduzierung der Prävalenz von Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Erkrankungen erwarten läßt und stets zu geringeren physiologischen Kosten derart führt, daß aus einem Weniger an Aufwand der gleiche Output resultiert, u.U. sogar ein Mehr an Leistung möglich wird. Kompatibilität ist auch der raschen Informationsaufnahme und -abgabe in einem Mensch-Maschine-System förderlich, und infolge des weniger hohen Umkodieraufwandes in der Informationsverarbeitung werden zugunsten einer Erhöhung der Arbeitssicherheit mentale Kapazitäten frei. Kompatibilität im Softwarebereich hilft schließlich mit, auch Frustrationen psychischer Art zu vermeiden.

Um in der Praxis des Arbeitsschutzes und in der Sicherheitstechnik erfolgreich zu sein, haben sich aber Ergonomie und Arbeitsschutz in Zukunft mehr um anschauliche Beispiele zur Umsetzung des vorhandenen Wissens als lediglich um abstrakte schematische Regelungen und Normen zu bemühen, wobei sie sich des bereits reichhaltigen Erkenntnisstandes auf diesem Sektor erinnern sollten.

2 Allgemeines zu Standards, Normen und Regeln

Mehr oder weniger zeitgleich mit der Industrialisierung und Auffächerung der

* Erweiterte Fassung eines Buchbeitrages, erschienen in Strasser, H. (Hrsg.): Beanspruchungsgerechte Planung und Gestaltung manueller Tätigkeiten. ecomed, landsberg/Lech, 1996. Der Abdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages ecomed.

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

Technik in immer mehr Spezialgebiete hat sich schon zu Beginn dieses Jahrhunderts in Deutschland das Normenwesen entwickelt. Damals bereits hat Waldemar Hellmich, der erste Vorsitzende des Normenausschusses der Deutschen Industrie, des Vorläufers des heutigen Deutschen Instituts für Normung (DIN), einmal gesagt:

„Das Normalisieren ist eine heikle Sache. Die Interessenten kämpfen häufig nicht mit sachlichen Argumenten, sondern vielfach auch aus wirtschaftlichen Gründen“, und: „Normung ist dort fehl am Platze, wo die Ordnung die Freiheit erschlägt, und dort notwendig, wo sich die Freiheit der Ordnung entziehen will“.

Im Hinblick auf das vereinte Europa droht bei dieser, eben heute oftmals beschrittenen Gratwanderung der Normung zwischen Ordnung und Freiheit so manches Gezerre zwischen sachlichen und wirtschaftlichen Gründen. Und dennoch ist unumstritten, daß der eigentliche Durchbruch der technischen Normen und die Einführung von einheitlichen Standards und verbindlichen Regeln zugleich der Beginn der Massenproduktion war, daß Wohlstand und Wachstum der Industrienationen u.a. darauf beruhen, daß z.B.

Schrauben, Niete und Nuten genormt sind,

daß Stecker und Glühlampen in genormte Buchsen und Fassungen passen,

daß festgelegte Formate für Papier und Aktenordner, für Audio- und Videokassetten sowie Disketten existieren,

daß Standards für Telefon, Radio und Fernsehen oder für die Datenübermittlung über Electronic Mail bzw. über Telefax geschaffen wurden,

daß es genormte Schnittstellen für Drucker und Bildschirme gibt oder

daß z.B. PCs verschiedener Hersteller kompatibel sind.

3 Kompatibilität in der Technik und in Mensch-Maschine- Systemen

Technische Normen, mit denen Qualität und Austauschbarkeit sowie gegenseitige Anpaßbarkeit von Konstruktionselementen garantiert werden soll, erlauben offenbar bereits eine gewisse Technikbewertung, wobei heute bereits in einer Flut von Normen, Richtlinien und technischen Regeln ein hoher Grad an Konkretisierung und Verbindlichkeit erreicht wird.

Wie aber ist es auf dem Gebiet menschlicher Arbeit mit soziotechnischen

Regelungen und Standards bestellt, mit denen u.a. Verbraucherschutz und Arbeitsschutz erreicht werden sollen? Der Fachnormenausschuß Ergonomie und diverse Gremien des VDI, der Gesetzgeber sowie diverse Gremien der Berufsgenossenschaften bemühen sich zweifelsohne um entsprechende Regeln und Normen, Richtlinien und Gesetze sowie Unfallverhütungsvorschriften. Und dennoch — oder gerade deshalb, weil man hier hinsichtlich der Quantität erfolgreich war und ist — kann der Arbeitsschutz in der Praxis mit der technischen Entwicklung qualitativ nicht immer mithalten.

Das liegt u.a. daran, daß das heute so weit verbreitete strikte Anwenden von vereinfachten ergonomischen Regeln, Richtlinien oder Handlungsanleitungen, die ohnehin meist nur für selektive Gestaltungsziele eingesetzt werden können und die kaum jemals den gleich hohen Genauigkeitsanspruch erheben können wie technische Regeln, der meist komplexen Problematik kaum angepaßt sein kann. Wenn verschiedenen physiologischen, psychischen und sozialen menschlichen Belangen in einem Arbeitssystem und zugleich wirtschaftlichen Forderungen adäquat Rechnung getragen werden soll, wenn also zu den Eigenesetzlichkeiten des Menschen in vielerlei Hinsicht kompatible technisch-organisatorische Bedingungen vorliegen

sollen, dann erscheint das oftmals nicht miteinander vereinbar zu sein. Berufskrankheiten, arbeitsbedingte Erkrankungen, manche Mühsal und mancher Ärger beim Umgang mit unhandlichen Werkzeugen beweisen nach wie vor die erheblichen Diskrepanzen zwischen (auf dem Papier) bestehenden (und zweifellos gut gemeinten) Schutzvorschriften und der Praxis. Fehlzeiten infolge von Frustration und mangelnder Motivation gehen oft auf das gleiche Konto.

4 Kompatibilitätsbeziehungen zwischen den Human Factors und den gestaltbaren technischen System-Elementen

Für den präventiven Schutz des Menschen bei der Arbeit im Zuge einer anthropo-technischen Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen gilt es, nach Abbildung 1 (siehe Seite 16) dafür zu sorgen, daß ein höchstmöglicher Grad an Vereinbarkeit zwischen den verschiedenen System-Elementen vorliegt, gilt es, die technischen Komponenten eines Arbeitssystems so auszulegen, daß sie zu den Fähigkeiten menschlicher Eigenesetzlichkeiten passen.

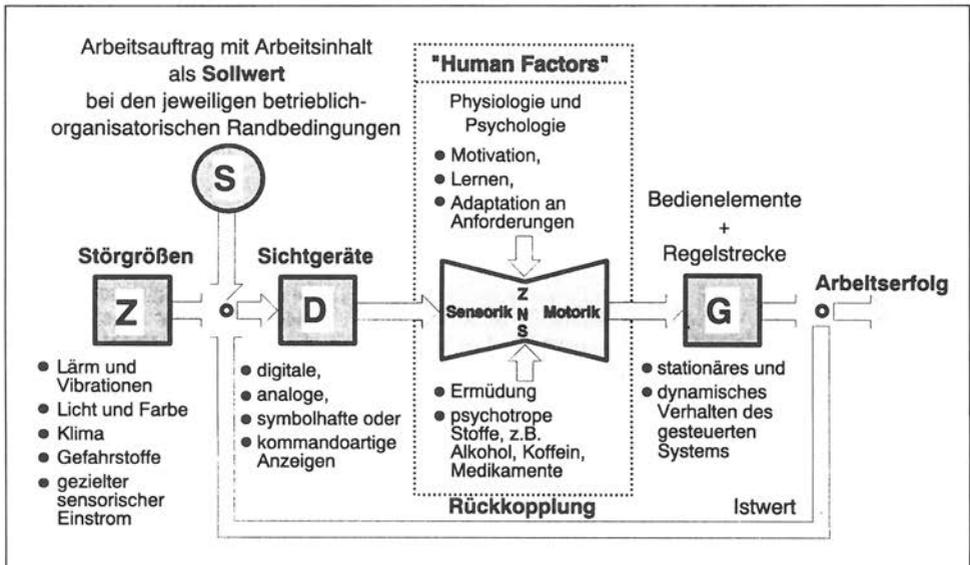
Weil allgemein der Arbeitererfolg als Istwert eines Regelkreises mit dem Men-

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

schen als Regler aufgefaßt werden kann und weil der Regler Mensch in diesem Prozeß je nach Gestaltung des Arbeitsplatzes mit der sensorischen und motorischen Schnittstelle mehr oder weniger präzise und effektiv zu arbeiten vermag, wird auch die Leistung eines solchen Mensch-Maschine-Systems von der Qualität des gesamten ergonomischen

layouts bestimmt sein. Daß hierbei Störgrößen aus der Arbeitsumgebung in Grenzen zu halten sind und auch der Arbeitsablauf und Arbeitsinhalt bei den jeweiligen betrieblich-organisatorischen Randbedingungen als Sollwert des Regelkreises menschlichen Fähigkeiten und Erwartungen entsprechen sollte, macht noch einmal das weite Feld der

Abbildung 1:
Visualisierung der Hauptaufgaben der Arbeitswissenschaft in der Anpassung der technisch gestaltbaren System-Elemente in der Arbeitswelt an die „Human Factors“ des Menschen als Regler in einem Mensch-Maschine-System



arbeitswissenschaftlichen Bemühungen deutlich, bei denen auch stets einzukalkulieren ist, daß der Mensch als Regler nicht als zeitinvariantes Servoelement aufgefaßt werden darf, der zu jeder Tages- und Nachtzeit gleiche Leistung bringen kann.

Kompatibilität ist also anzustreben zwischen den technischen Möglichkeiten und Notwendigkeiten einerseits und den Fähigkeiten und Eigengesetzlichkeiten, aber auch den Vorstellungen und Erwartungen der Menschen bei der Arbeit andererseits.

5 Verschiedene Formen der Kompatibilität

Im ergonomischen Sinne läßt sich die erforderliche Abstimmung, wie in Abbil-

dung 2 dargestellt, in der Reiz-Reaktions-Kompatibilität konkretisieren. In einer übergeordneten Betrachtungsweise ist hiermit eine sinnvolle Zuordnung gemeint von auf Anzeigen und Displays dargestellten Informationen zu den motorischen Reaktionen, die an einem Stellteil bzw. an einem Gerät erforderlich werden. In der Regel werden dadurch erst die zielgerichteten Aktionen und Reaktionsmöglichkeiten des Menschen zum Zwecke einer sicheren und schnellen Arbeitsweise geschaffen.

Reiz-Reiz-Kompatibilität als optimale Anpassung in der sensorischen Nahtstelle ist anzustreben, um die natürliche Informationsdarstellung und künstliche Anzeigen optimal aufeinander abzustimmen, um dafür zu sorgen, daß die Wirklichkeit und ihr technisches Abbild sich möglichst weitgehend entsprechen.

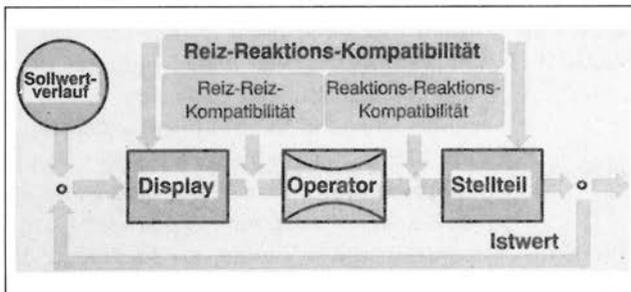


Abbildung 2: Kompatibilität bei der Anpassung von technischem Gerät an die menschlichen Eigenschaften in der sensorischen und motorischen Nahtstelle eines Mensch-Maschine-Systems sowie sinnfällige Zuordnung von Ursache und Wirkung bzw. Anzeige und Stellteileffekt

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

In gleicher Weise wie bei einer kompatibel gestalteten sensorischen Nahtstelle nur wenig Umkodier-Aufwand erforderlich wird, ist auch auf der motorischen Seite eines Mensch-Maschine-Systems durch Reaktions-Reaktions-Kompatibilität für eine möglichst gute Passung von technischem Gerät und motorischen Eigengesetzlichkeiten des Hand-Arm-Systems zu sorgen, sofern in der Arbeit „Hand angelegt“ werden muß.

Im folgenden soll aufgezeigt werden, inwieweit durch die Beachtung des Gebotes der Kompatibilität ein Beitrag zum präventiven Arbeitsschutz geleistet werden kann. Schwerpunktmäßig soll das erst einmal für die Gestaltung der motorischen Nahtstelle in einem Mensch-Maschine-System geschehen, wobei es möglichst weitgehend die Gleichung zu erfüllen gilt, „menschengerecht = handgerecht“, eine Forderung, die allerdings zumindest einen Grundstock an Kenntnissen über die Anatomie und Physiologie des Hand-Arm-Systems erfordert. Anschließend werden verschiedene weitere Kompatibilitätsaspekte behandelt.

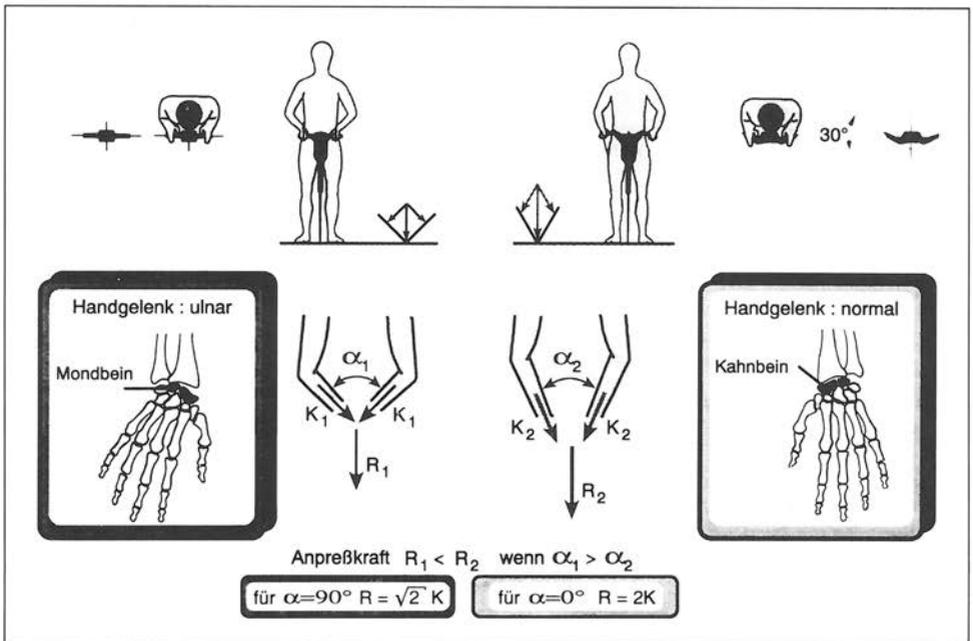
5.1 Beispiele zur Reaktions-Reaktions-Kompatibilität

Mechanische Schwingungen, die von rüttelnden und schüttelnden sowie

vibrierenden Arbeitsgeräten ausgehen und auf das Hand-Arm-System einwirken, führen bekanntlich bei längerer Einwirkdauer neben vorzeitiger Ermüdung und Leistungsbeeinträchtigungen mitunter auch zu erheblichen Gesundheitsgefährdungen. Vor allem, wenn bei handgeführten druckluftbetriebenen Stampfern, Meißeln oder Schlaghämmern Anregungsfrequenzen im Resonanzbereich des Hand-Arm-Systems vorliegen, sind in letzter Konsequenz degenerative Veränderungen und Schädigungen am Knochen- und Gelenksystem nicht auszuschließen. Das gilt vor allem dann, wenn konventionelle (horizontal ausgerichtete Griffe), wie in Abbildung 3 oben links dargestellt, eine mehr oder weniger starke ulnare Abduktion erzwingen, also Auslenkungen des Handgelenks in Richtung Ellenbogen, die aus anatomisch-physiologischen Gegebenheiten auf maximal etwa 30° beschränkt sind.

Wird bei dieser Handhaltung über die beiden Arme Druck auf das Arbeitsgerät ausgeübt, dann resultiert der Anpreßdruck an der Arbeitsseite aus den beiden über die Unterarme in einem stumpfen Winkel (nicht selten bis zu 90°) auf die Handseite aufgebrauchten Kraftvektoren. Die ulnare Abduktion im Handgelenk wiederum verursacht, daß — wie aus Abbildung 3 links hervorgeht — der gesamte Kraft-

Abbildung 3:
 Ulnare Abduktion im Handgelenk und „normale“ Handhaltung bei unterschiedlichen Preßluft-
 hammergriffen sowie Auswirkungen auf die aus den beiden Armkraften resultierende Anpreßkraft auf
 der Arbeitsseite des Werkzeugs sowie den Kraftfluß in den Handwurzelknochen



fluß von den Unterarmen auf die Hand über das Mondbein (eines von acht Handwurzelknochen) verläuft. So kommt es dazu, daß das Mondbein langfristig bei starkem Anpreßdruck und hoher Vibrationsbelastung geradezu zerrieben werden kann, da es der unnatürlichen

Belastung im wahren Sinne des Wortes „nicht gewachsen“ ist.

Diese Abnutzung des Mondbeines mit der Gefahr der Versteifung des Handgelenkes (als Berufskrankheit Nr. 2103 BeKV anerkannt) kann bereits dadurch

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

reduziert werden, daß der Preßlufthammergriff in einer „normalen“ Handhaltung (ohne ulnare Abduktion) angefaßt werden kann. Das erfordert lediglich die in Abbildung 3 oben rechts dargestellte Abschrägung der Griffe nach unten und auf den Arbeitenden zu, wobei eine an die Schulter angepaßte Breite des Griffes einen weiteren Vorteil bringt. In dieser Handhaltung verläuft der Kraftfluß über eine deutlich größere Kopplungsfläche, die aus dem Mondbein und aus dem erheblich größeren Kahnbein gebildet wird, zu den Unterarmknochen, so daß die Flächenpressung bereits bei gleichem Anpreßdruck und gleicher Vibrationsbelastung erheblich reduziert wird. Durch die an der Schulterbreite ausgerichteten Griffe wird auch der Winkel zwischen den beiden Kraftvektoren der Arme verkleinert. Das hat zur Folge, daß die Resultante auf der Arbeitsseite bei gleichen Armkräften größer wird bzw. daß bei gleichem zu überwindendem Arbeitswiderstand die vom Arbeiter aufzubringende Kraft reduziert werden kann. Das wiederum führt nicht nur zu einer allgemeinen Arbeitserleichterung, sondern vermindert auch die Gefahr der Abnutzung der Handwurzelknochen.

Schließlich ist ein derartiges Arbeitsmittel, mit zur normalen Handhaltung kompatiblen Zugriffsmöglichkeiten, auch sicherer zu führen, so daß die Verletzungsgefahr

verringert und die Arbeitssicherheit bereits positiv beeinflusst wird, selbst wenn die verursachende Vibrationsbelastung durch an sich nötige primäre Schutzmaßnahmen nicht reduziert wird, weil das möglicherweise technisch recht aufwendig ist.

Neben Arthrosis Deformans oder neben dem vibrationsbedingten vasospastischen Syndrom (Nr. 2104 BeKV) als Folge von Hand-Arm-Schwingungen bei fingerstatischer Arbeitsweise im Umgang mit frei im Raum führungsfähigen Arbeitsmitteln entstehen mehrfache arbeitsmedizinische Probleme auch bei der fingerdynamischen Betätigung von Stellteilen, d.h. bei fest im Raum angeordneten Arbeitsmitteln. Das sind z.B. bei traditionellen Tastaturen einerseits statische Verspannungen des gesamten Hand-Arm-Schulter-Systems, andererseits aber auch Sehnenscheidenentzündungen vornehmlich im Bereich der Handgelenke. Das gilt nicht zuletzt deshalb, weil die einmal vor über hundert Jahren gewählte, zum Hand-Arm-System eigentlich inkompatible räumliche Anordnung des Tastenfeldes in vier horizontalen Reihen (vgl. Abbildung 4 unten links) (mit einer zudem stärkeren Inanspruchnahme der linken als der rechten Hand, vgl. Keller, Becker und Strasser, 1991) sich bis heute im Layout der Standard- bzw. QUERTZ-Tastatur nach DIN gehalten hat.

Die Tendovaginitis — die Sehnenscheidenentzündung — spielt zwar heute als einzige Berufskrankheit im Bürobereich

(Nr. 2101 BeKV) nicht mehr die Rolle, wie noch in den 60er Jahren, wobei das vorwiegend der Einführung elektrischer

Abbildung 4:
Standardtastatur nach DIN (QUERTZ-Tastatur) und Modelle von Tastaturen mit dem Anspruch eines ergonomischen Tastenlayouts (aus Keller, Becker und Strasser, 1991)

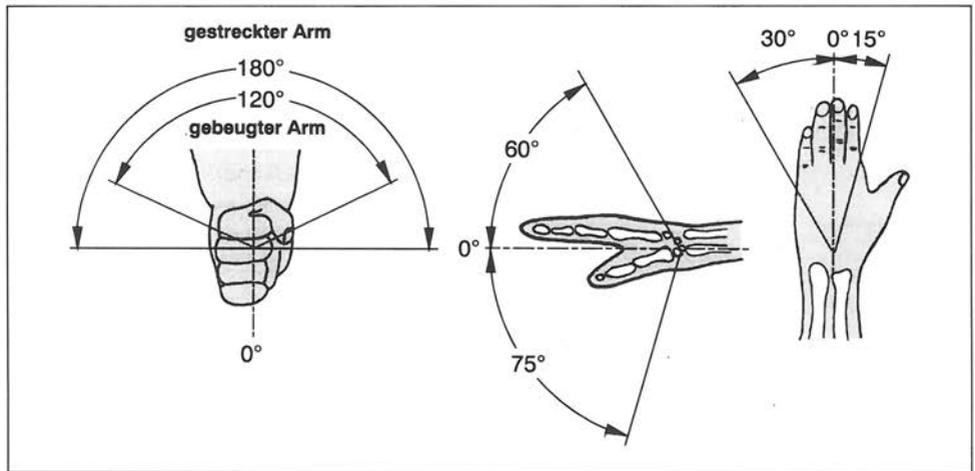
<p>Gitterte Tastatur mit Öffnungswinkel zur Abmilderung der ulnaren Abduktion</p>	<p>Dachziegelartige Abschrägung zur Reduktion der Pronation</p>
<p>Ergonomische Tastatur nach Ilg (1987)</p>	<p>Ergonomische Tastatur nach Grandjean et al. (1981)</p>
<p>Standard-Tastatur (DIN 2137-2, DIN 2139)</p>	<p>Ergonomische Akkord-Tastatur</p>

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

Schreibmaschinen zuzuschreiben ist, bei denen gegenüber mechanischen Maschinen die notwendige Anpreßkraft der Finger auf die Tasten auf etwa ein Zehntel reduziert werden konnte. Dennoch ergeben sich aber aus traditionellen Tastenfeldern nach wie vor Probleme, deren Ursache in statischen Verspannungen (in Myogelosen) zu suchen ist. Um das deutlich zu machen, sollen anhand von Abbildung 5 vorab vereinfacht einige Eigengesetzlichkeiten der Hand aufgezeigt werden, ehe auf die Darstellungen von Abbildung 4 noch einmal näher eingegangen wird.

So sind die translatorischen Auslenkmöglichkeiten der Hand zum Handrücken hin mit ca. 60° und in Richtung Hohlhand mit ca. 75° relativ groß. Dagegen bestehen in ulnarer Richtung lediglich Bewegungsbereiche von ca. 30°, in radialer Richtung sogar nur von 15°. Ferner kann der gestreckte Arm ca. 180° um seine Längsachse gedreht werden, so daß nahezu 90° für die Pronation und Supination, d.h. die Drehung nach innen und außen, zur Verfügung stehen. Von dieser hohen axialen Verdrehbarkeit, die durch das Kugelgelenk, das den Oberarm mit der Schul-

Abbildung 5:
Bereiche der axialen Verdrehbarkeit der Arme und der translatorischen Auslenkmöglichkeiten der Hand



ter verbindet, ermöglicht wird, verbleiben allerdings nur noch ca. zwei Drittel, d.h. etwa 120° , wenn bei abgewinkeltem Arm die Drehung aus dem Unterarm realisiert werden muß. Die Normallage der Hände ist schließlich dann gegeben, wenn bei herabhängenden Armen die Handinnenflächen jeweils der Hüfte zugewandt sind.

Werden nun die Unterarme auf etwa 90° gegenüber den Oberarmen angewinkelt, wie das für die Schreibhaltung erforderlich ist, kann das Bedienen einer Schreibmaschine oder der Tastatur eines Datenterminals nur bei entsprechend unnatürlichen Verstellungen im Hand-Arm-System erfolgen. Wegen des eingeschränkten Drehbereiches des Unterarmes muß unweigerlich der Ellenbogen vom Körper abgespreizt werden, um so die erforderliche Drehung nach innen zu bewerkstelligen. Das aber führt dazu, daß die Achse Unterarm—Hand schräg auf die Tasten zu verläuft, so daß für eine funktionsgerechte Bedienung ein zusätzliches Abwinkeln der Hand nach außen notwendig wird. In dieser Haltung zu arbeiten ist zwar möglich, aber bei langen Einsatzzeiten sicherlich nicht angenehm, zumal Hand und Arm in statischer Weise gehalten werden müssen.

So sollte es nicht verwundern, wenn sich bei einer lediglich statischen Optimierung

der Arbeitsplatzgestaltung nach „Maß und Zahl“, d.h. u.U. beim Einsatz des menschlichen Stützapparates als „Stativ für Hand und Auge“ zunehmend mehr oder weniger starke Verspannungen, nicht nur in der Hand, sondern auch in weiter oben gelegenen Muskelpartien einstellen können. Ähnliches gilt für die fingerdynamische Betätigung der Tasten und die dabei entstehende Reibung in den Sehnen, vor allem im Bereich der Umlenkpunkte im Handgelenk. Die Sehnen stellen nämlich mit den Sehnen-scheiden — Bowdenczügen ähnlich — die mechanische Verbindung zwischen den Muskeln am Unterarm als den Stellmotoren und den Fingern als den Stellgliedern dar.

Im Zuge des Bemühens, diese Beschwerden wenigstens zu reduzieren, haben entsprechende arbeitsphysiologische (elektromyographische) Untersuchungen von Zipp et al. (1981) zur Muskelbeanspruchung des Armes in Abhängigkeit von den jeweiligen Gelenkwinkeln ergeben, daß die Beanspruchung einen überproportionalen Verlauf mit zunehmendem Winkel zwischen natürlicher Ausgangslage und einzunehmender Arbeitshaltung aufweist. Zieht man die Konsequenz daraus, muß ein erster Schritt zur Teilung des traditionellen Tastenfeldes mit einem Öffnungswinkel zwischen den beiden Halbtastaturen führen (vgl. Abbildung 4 oben).

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

Ferner muß das auf eine leicht dachziegelartige Neigung der beiden Hälften hinauslaufen. Selbst Öffnungswinkel von nur 25° zur Abmilderung der ulnaren Auslenkung der Hand und seitliche Neigungswinkel von lediglich 10° mit entsprechender Abschwächung der Einwärtsdrehung des Armes führten nachgewiesenermaßen zu einer wesentlichen Entlastung derjenigen Muskelgruppen, die im Zuge der Abwinklung der Hand und der Einwärtsdrehung des Unterarms statisch beansprucht werden. Derart gestaltete Tastaturen, wie sie in Abbildung 4 Mitte zu sehen sind, können also — als zu den anatomischen Besonderheiten des Hand-Arm-Systems eher kompatible Arbeitsmittel — präventive Möglichkeiten des Arbeitsschutzes darstellen. Ähnliches gilt für die in Abbildung 4 unten rechts dargestellte Einhand-Akkord-Tastatur (vgl. Keller, Becker und Strasser, 1991)

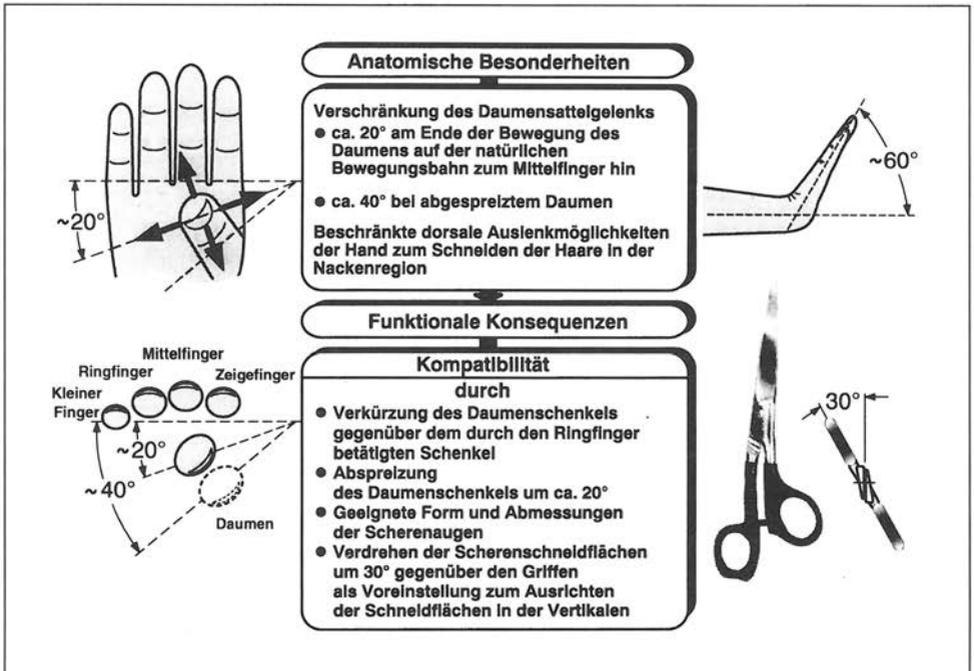
Mit einem weiteren Fallbeispiel (vgl. Abbildung 6) soll gezeigt werden, daß durch ergonomisch gestaltete und zu den anatomischen Besonderheiten des Hand-Arm-Systems in hohem Maße kompatibel ausgelegte Arbeitsmittel, neben der unmittelbaren positiven Wirkung auf das dabei eingesetzte Hand-Arm-System selbst, überraschenderweise auch positive Fernwirkungen in anderen Körperregionen erzielt werden können.

Eine im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz bereits vor einiger Zeit durchgeführte Studie von Bullinger und Solf (1978) hatte ergeben, daß Herrenfriseure überdurchschnittlich häufig von arbeitsbedingten Erkrankungen in Form von Varizen mit entsprechenden Folgewirkungen im Wadenbereich betroffen waren. Nun gehört der Friseur zwar zu den Stehberufen und dürfte damit sicherlich einer erhöhten statischen Belastung ausgesetzt sein. Auf den ersten Blick ist aber dennoch erstaunlich, daß der Umgang mit Kamm und Schere zu Varizen bzw. Krampfadern führt und daß diese mit dem Arbeitsmittel Schere zu tun haben sollen.

Bullinger und Solf hatten damals in Arbeitsanalysen die auf etwa 60° begrenzten Auslenkmöglichkeiten der Hand in dorsaler Richtung als Hauptursache ausgemacht, eine Zuordnung, die zunächst etwas verwundert. Zur Vermeidung von Staffelschnitten im Nackenbereich muß jedoch der Herrenfriseur die Scherenscheidflächen in die Vertikale bringen. Wegen der beschränkten dorsalen Auslenkmöglichkeit der Hand muß er dazu in der Regel eine nach hinten gebeugte Körperhaltung einnehmen, um bei gleichem Ellenbogenwinkel arbeiten zu können. Dabei wird dann fast das gesamte Körpergewicht auf ein Bein verlagert, wobei wiederum infolge der statischen Belastung im Wadenbereich

Abbildung 6:

Anatomische Besonderheiten und notwendige funktionale Konsequenzen für eine kompatible Gestaltung von Friseurscheren (nach Daten von Bullinger und Solf, 1978)



der Blutfluß gedrosselt wird. Der all-gemein erhöhte statische Druck in dieser Körperregion ist sowohl dem venösen Rückstrom als auch der Form der venösen Blutgefäße langfristig nicht gerade zuträglich, so daß Varizen als Folgewirkung zumindest plausibel erscheinen.

Für die entsprechend kompatible Neugestaltung von Friseurscheren waren schließlich die in Abbildung 6 auszugsweise angedeuteten anatomischen Besonderheiten richtungsweisend. So wurde beachtet, daß erstens das Daumensattelgelenk eine Verschränkung

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

gegenüber den Fingergelenken aufweist und daß zweitens die natürliche Bewegungsbahn des Daumens nicht auf den Zeigefinger, aber auch nicht auf den kleinen Finger zu, sondern ziemlich exakt auf den Mittelfinger zu verläuft.

Wenn nun der Herrenfriseur — bei der dem Arbeitsobjekt zugewandten Hohlhand — Daumen und Ringfinger in einem Zweifingerzufassungsgriff einsetzt und dabei vorwiegend den Daumen dynamisch betätigt, dann ist es nur folgerichtig, daß der vom Daumen benutzte Schenkel der Schere entsprechend verkürzt werden muß, um die natürliche Bewegungsbahn zum Mittelfinger hin zu ermöglichen. Ferner sollte auch bei der Form und den Abmessungen des Ringfinger- und Daumenauges an den entsprechenden Fingern Maß genommen werden und die Hauptachse des elliptisch auszubildenden Daumenauges um einen entsprechenden Abschrägungswinkel versetzt werden, um Kompatibilität zwischen technischen und anatomischen Gelenken zu erzielen.

Es wäre ein allzusehr verkürztes Ergonomieverständnis, wenn bei der Größe der Scherenaugen nach dem bekannten Motto verfahren würde:

„Innenmaße nach der größten Nutzergruppe (d.h. nach 95-Perzentil-Abmessungen), Außenmaße nach der kleinsten

zu berücksichtigenden Gestalt (d.h. nach 5-Perzentil-Nutzern)“.

An Scherenaugen, Maß genommen an 95-Perzentil-Abmessungen der Finger, könnten zwar alle Friseure mit schlanken Fingern „Hand anlegen“ bzw. die Finger „durchstecken“, doch wären die Scherengriffe für die meisten zu groß. Zumindest drei Größenklassen sind deshalb unabdingbar.

Von den oben beschriebenen detailartigen Verbesserungen kann man zwar erwarten, daß sie eine bequemere Benutzung ermöglichen und daß sie langfristig auch weniger zu Deformitäten der Finger der Herrenfriseure führen; die entscheidende Änderung besteht aber bei diesem Arbeitsmittel in einer Vorverstellung der Schneidfläche gegen die Handseite derart, daß sich durch ein Aufdrehen der Schneidflächen um ca. 30° gegenüber der Griffseite die ehemals unnatürliche, nach hinten gebeugte Körperhaltung erübrigt, ohne daß dabei bereits Nachteile für die Arbeit des Friseurs bei horizontalem Einsatz der Scheren (in der Kopfregion) entstehen.

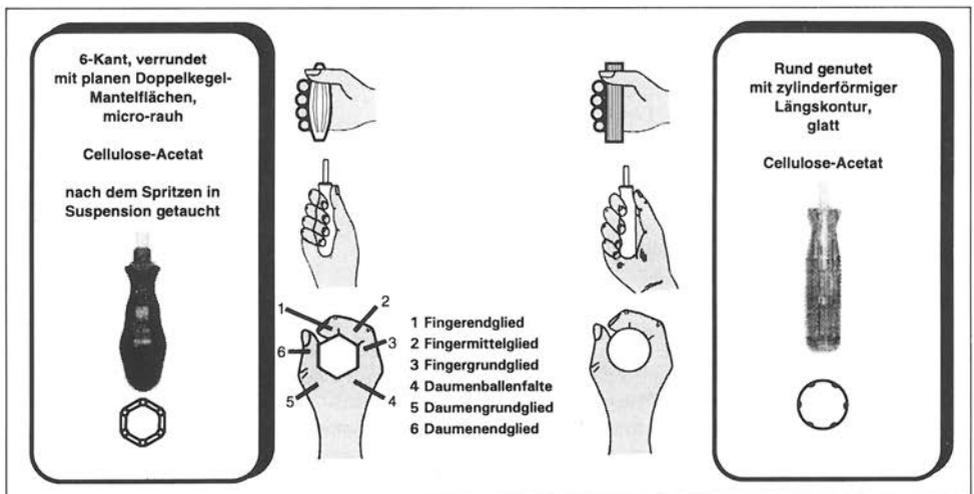
Ein weiteres Fallbeispiel aus der Produkt-Ergonomie soll verdeutlichen, was Kompatibilität der Arbeitsmittelhandseite im Sinne des Slogans „menschengerecht = handgerecht“ bedeutet und welche

Konsequenzen für den Arbeitseinsatz des Menschen daraus erwartet werden können.

Schraubendreher stellen mithin das am weitesten verbreitete Arbeitsmittel dar, das wohl in jeder Werkzeugkiste, auch der des Hobby- und Heimwerkers, meist sogar in mehrfachen Größen, vertreten ist. Dennoch haben Schraubendrehergriffe selten die Form und die Abmessungen, die aus der Anatomie der Hand eigentlich naheliegend sind, so daß oftmals nach getaner Arbeit Beschwerden, Muskelschmerzen und Blasen auf-

treten. Die alltäglichen Griffe mit einer geraden Längskontur und rundem Querschnitt, wie in Abbildung 7 rechts veranschaulicht, oftmals noch mit einer genuteten rauhen Oberfläche, sind weder für den Umfassungsgriff beim Festziehen einer Schraube oder zum Aufbringen eines Losbrechmomentes, noch für den Zufassungsgriff beim schnellen Ein- und Losdrehen einer lockeren Schraube dem natürlichen Handgewölbe nachempfunden. Richtig in der Hand liegen eigentlich nur Griffe, die eine zum Handgewölbe kompatible ballige Längskontur aufweisen, d.h., die eine Doppel-

Abbildung 7:
Zum Handgewölbe mehr oder weniger kompatible Griffen von Schraubendrehergriffen



Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

kegelmantelfläche haben und die zur Unterstützung des Reibschlusses bei der Drehmomentenfaltung eine auch im Querschnitt geeignete, möglichst große Auflagefläche bieten.

Weil Fingerend- und Mittelglied sowie Grundglied, Daumenend und Daumengrundglied sowie die Daumen-Zeigefingerfalte ein polygonartiges Gebilde, nämlich einen Sechskant bilden, läßt ein derartiger Querschnitt des Griffes die günstigsten Kopplungsbedingungen erwarten, sofern ein solches Arbeitsmittel für den rotatorischen Arbeitseinsatz vorgesehen ist.

Die biomechanische Kraftübertragung zur Entfaltung von Drehmomenten hängt allerdings auch von der Oberfläche und vom Griffmaterial ab, wobei eine glatte Oberfläche mit leicht konkaven Aushöhungen für die ballig ausgebildeten Fingerglieder sowie entsprechend reibschlüssige Materialien am griffigsten sind.

Daß mit Griffen, die den Eigengesetzlichkeiten der Hand angepaßt sind, sowohl höhere Kräfte bzw. Drehmomente entfaltet werden können, wie auch umgekehrt man sich bei gleicher abverlangter Leistung weniger plagen muß, sei durch die Abbildungen 8 und 9 (siehe Seiten 29 und 30) zumindest angedeutet.

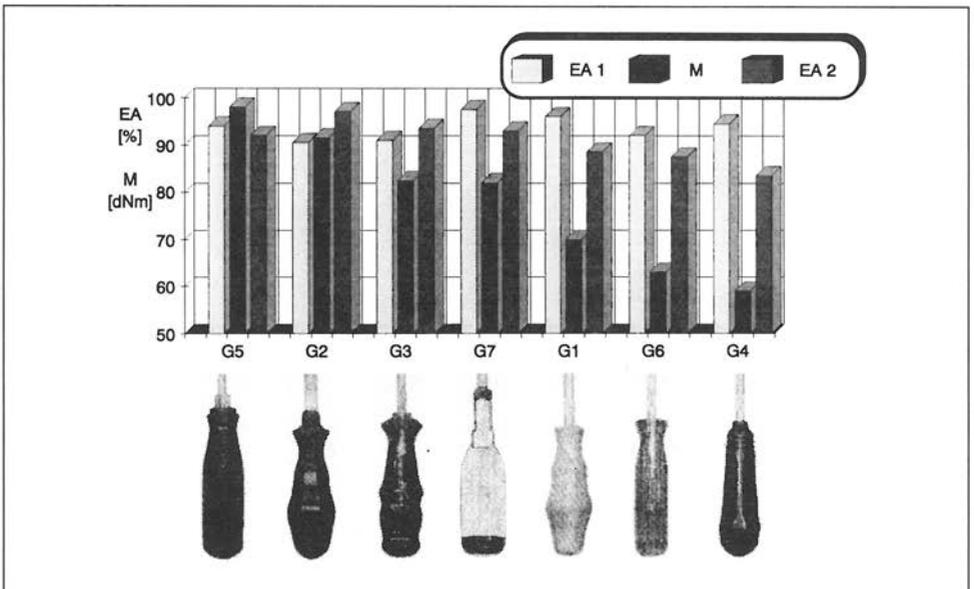
In Arbeitsversuchen, in denen mit speziell entwickelten produkt-ergonomischen Beurteilungsmethoden sieben verschiedene handelsübliche Griffe geprüft wurden, erwiesen sich der Normgriff G 6 und der Designergriff G 4 als die am wenigsten geeigneten Varianten (vgl. Abbildung 8 unten). Die erbringbaren maximalen Drehmomente lagen um etwa die Hälfte unter den Werten, die sich z.B. bei Griff G 5, aber auch bei G 2 als einem ergonomischen Ansprüchen in besonderer Form entsprechenden Griff herausstellten.

Bedeutsam ist schließlich, daß diese Leistungen bei annähernd gleichem physiologischen Aufwand zustande kamen, d.h. bei physiologischen Kosten, die in EMG-Werten des Flexor digitorum als Greifmuskel und des Biceps als Auswärtsdrehmuskel, als Supinator, gemessen wurden.

Bei der Vorgabe gleicher submaximaler Belastung von 20 % oder 40 % des individuellen maximalen Drehmomentes über 20 bzw. 10 Sekunden Haltedauer ergab sich aus den dabei gemessenen elektromyographischen Daten (vgl. Abbildung 9), daß bei Griffen ohne ergonomische Gestaltung doch erheblich mehr physiologische Ressourcen mobilisiert werden müssen, d.h., daß man erheblich mehr Muskelkraft einsetzen muß, wenn das Werkzeug nicht nach des Menschen

Abbildung 8:

Maximal ausbringbares Drehmoment M (in Dezi-Newton-Meter) mit normierter EMG-Aktivität von der Handschließmuskulatur (EA 1) und vom Bizeps als Handaußenwender (EA 2). Mittelwerte bei allen Schraubendrehervarianten (G 1 – G 7) aus 5 Personen (aus Strasser, Lauber und Koch, 1990)



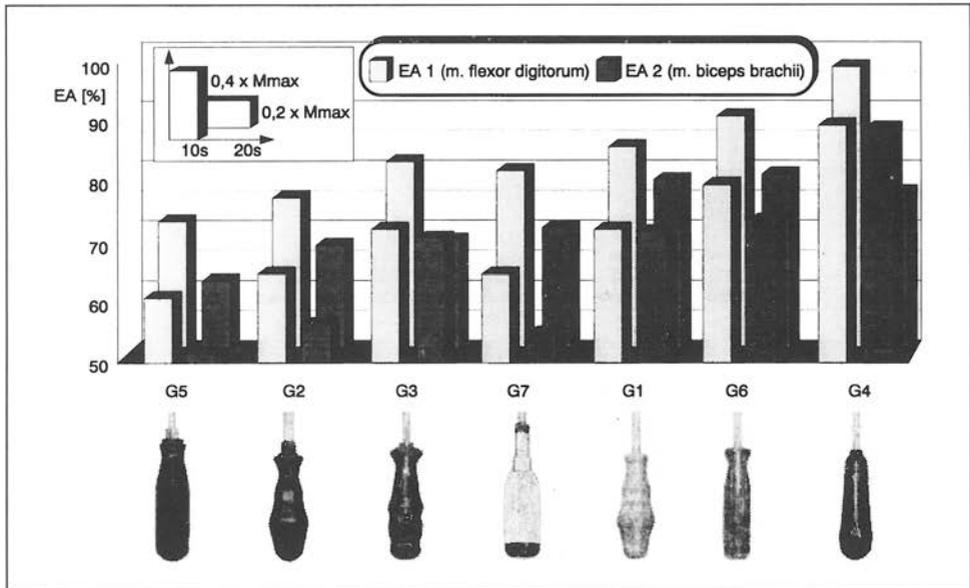
Maß gestaltet ist. Der präventive Aspekt der ergonomischen Lösung im Sinne der Reduktion des menschlichen Aufwandes, nicht zuletzt aber auch des Vermeidens von Druckstellen und Blasen, sollte dadurch evident werden.

Die ballige Form eines Griffes ist prinzipiell stets am besten kompatibel zum

natürlichen Handgewölbe, wobei aber der Querschnitt nicht immer rotations-symmetrisch sein darf und wie bei Schraubendrehern eher ein verrundeter Sechskant sein sollte. Unter Berücksichtigung der Art der Tätigkeit, die mit dem Werkzeug zu verrichten ist, stellen sogar andere, mehr oder weniger kantige Querschnitte die bessere Lösung dar.

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

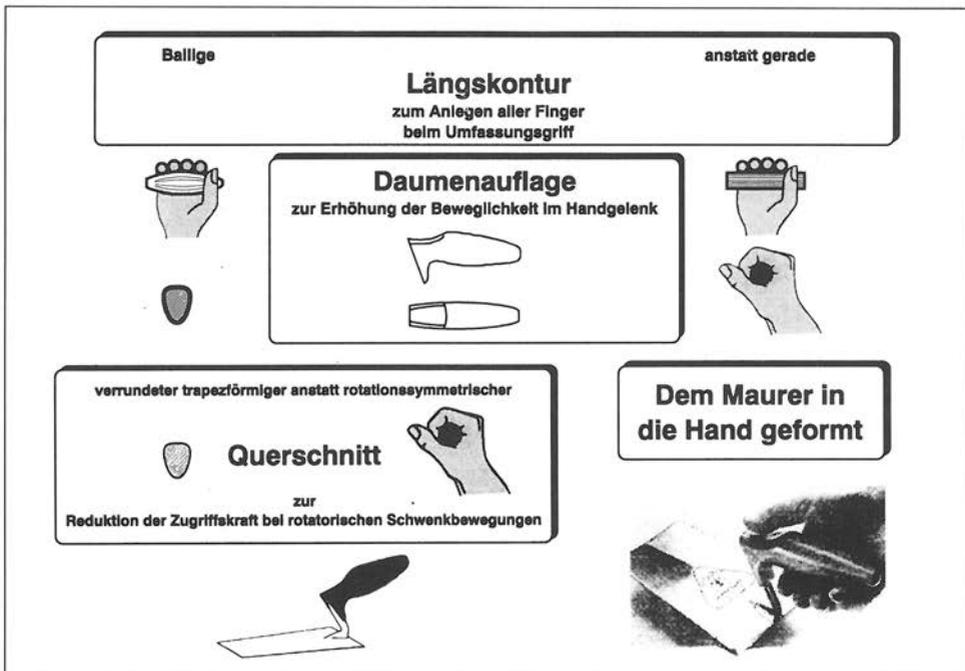
Abbildung 9:
Relative Höhe der statischen Beanspruchung der Greifmuskulatur (EA 1)
und des Handaußenwenders (EA 2) (normierte elektromyographische Aktivität in % individueller
EA-Maximalwerte) bei zwei konstanten submaximalen isometrischen Anforderungsstufen
($0,4 \times M_{\max}$ \times 10s vorne und $0,2 \times M_{\max}$ \times 20s hinten). Mittelwerte bei allen Schraubendreher-
varianten (G 1 – G 7) aus 5 Versuchspersonen



Wenn Maurerkellen tatsächlich dem „Maurer in die Hand geformt“ sein sollen, also zum Hand-Arm-System compatible Griffe besitzen sollen, dann dürfen diese nicht, wie in Abbildung 10 rechts dargestellt, gerade Längskonturen bzw. eine zylindrische Griffform haben. Nur bei balliger Längskontur liegen alle Fin-

ger ohne unnatürliche Veränderungen des Handgewölbes an den Griffen an. Weil ferner neben translatorischen Bewegungen im Formschlöß mit einem solchen Werkzeug auch reibschlüssige rotatorische Schwenkbewegungen, z.B. beim Aufbringen des Mörtels an eine senkrechte Wand, erforderlich sind, sollte

Abbildung 10:
 Zum Handgewölbe in Längs- und Querrichtung kompatible und traditionelle Griffe von Maurerkellen
 (links bzw. rechts)



kein runder, sondern eher ein etwas kantiger Querschnitt dazu beitragen, die Neigung zum Gleiten in der Faust geballten Hand zu verringern. Ein, wie in Abbildung 10 links dargestellter, verrundeter trapezförmiger Querschnitt nach Bullinger und Solf (1979) läßt erwarten,

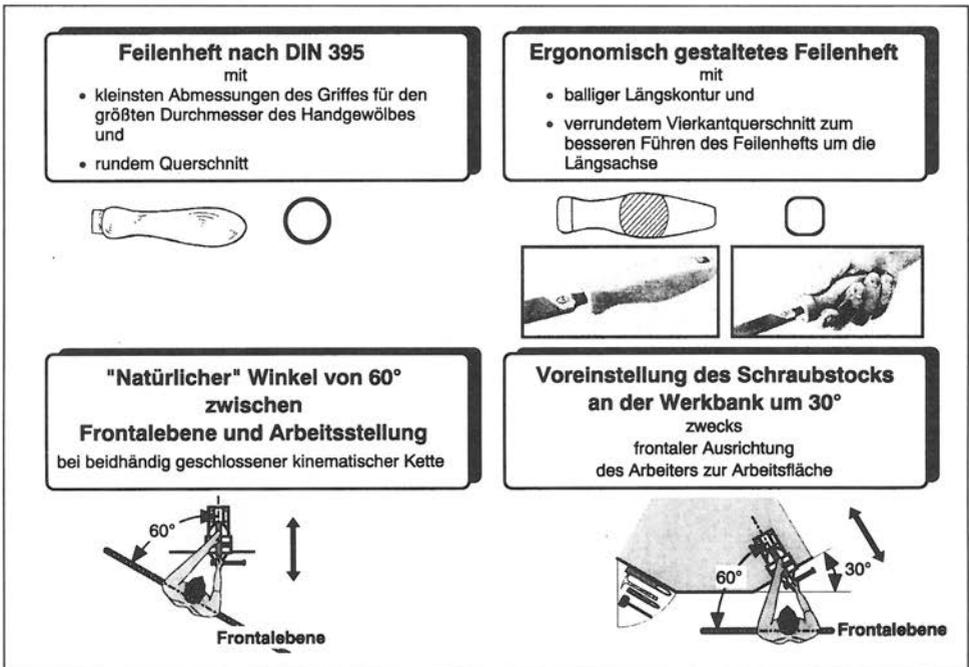
daß die Zugriffskraft bei gleicher Arbeit reduziert werden darf, und eine Auflage für den gestreckten Daumen gewährleistet, daß die Beweglichkeit im Handgelenk weniger eingeschränkt ist, als wenn der Daumen als kräftigster Finger in den Faustverband integriert wird.

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

Für eine Flach- oder Vierkantfeile ist ein DIN-Feilenheft nicht unbedingt eine kompatible Lösung. Die Aufgabe besteht nämlich meistens darin, daß plane Flächen bearbeitet werden müssen, so daß das „Gefühl“ des parallelen Ausrichtens des Feilenblattes in bezug zur Fläche des zu bearbeitenden Gegen-

standes einer entsprechenden gestalterischen Unterstützung bedarf (vgl. Abbildung 11). Das ist bei einem nach DIN 395 rotationssymmetrisch runden Querschnitt nur schwer möglich, wohl aber bei einem verrundeten Vierkant nach Solf (1977). Die Kompatibilität zum Handgewölbe verlangt ferner einen

Abbildung 11:
Feilenhefte nach DIN 395 und nach ergonomischen Überlegungen mit gebotener Voreinstellung eines Schraubstockes an einer Werkbank



großen Durchmesser dort, wo das Handgewölbe am größten ist, was bei den DIN-Feilenheften nicht gegeben ist.

Feilen erfordert in der Regel eine über beide Hände und das Werkzeug geschlossene kinematische Kette, für die nach Bullinger und Solf (1979) eine natürliche Vorzugsarbeitsrichtung von etwa 60° zwischen Frontalebene und Arbeitsrichtung existieren soll. Weil auch sonstige Tätigkeiten innerhalb des physiologisch maximalen Greifraumes bei frontaler Ausrichtung des Arbeiters zur Werkbank erledigt werden sollten, kann z.B. eine Voreinstellung des Schraubstocks um 30° zumindest in einer Lehrwerkstatt von Vorteil sein.

5.2 Kompatibilität in der bewegungstechnischen Arbeitsgestaltung

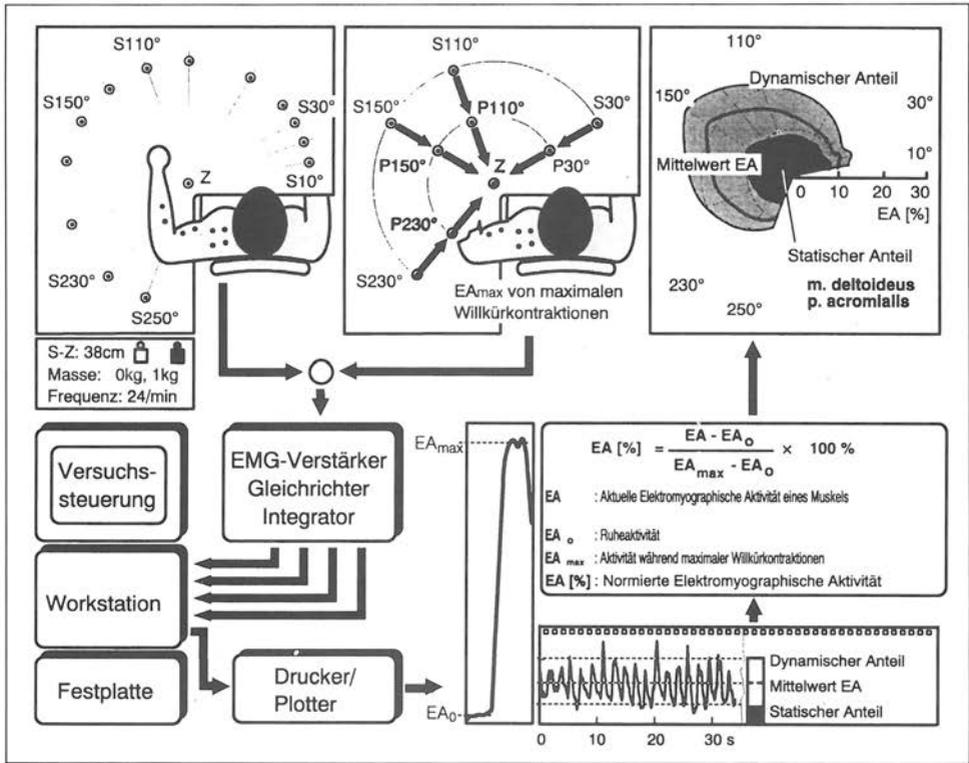
Planungsmethoden zur bewegungstechnischen Arbeitsgestaltung von Montage-tätigkeiten, wie „Systeme vorbestimmter Zeiten“, für die allein der Zeitbedarf die maßgebliche Größe ist, bedürfen im Zuge prospektiver und präventiver ergonomischer Denkweisen gewisser Korrekturen und Ergänzungen. So sollten zumindest Bausteine einer Art „System vorbestimmter Beanspruchung“ Beachtung finden. Konstruktiv vorgegebene manuelle Arbeitsrichtungen bei repetitiven

Tätigkeiten — wie sie z.B. an Kassenarbeitsplätzen oder bei Montagetätigkeiten vorliegen — müssen in diesem Zusammenhang mit den Vorzugsrichtungen des Hand-Arm-Systems übereinstimmen.

In entsprechenden Grundlagenuntersuchungen (vgl. Strasser, Ernst und Müller, 1992) konnte z.B. mit Hilfe der Mehrkanal-Elektromyographie festgestellt werden, daß Umsetzungsbewegungen von verschiedenen Startpunkten S im Greifraum zu einem gemeinsamen Zielpunkt Z (vgl. Abbildung 12, Seite 34, oben links) bei gleicher operationeller Leistung höchst unterschiedliche physiologische Kosten verursachen. Mittels rechnergestützter Analysen der Zeitserien der elektromyographischen Aktivität EA und deren Separation in statische und dynamische Komponenten (vgl. Abbildung 12 unten) konnte gezeigt werden, daß Bewegungen aus einem Winkel von etwa 150° höchst ungünstig sind. Die zur Versuchsanordnung (in Abbildung 12 oben links) kompatible Kreisdarstellung der richtungsabhängigen EMG-Komponenten (in Abbildung 12 oben rechts) weist sowohl für den statischen als auch für den dynamischen Anteil bei diesem Winkel Maximalwerte aus. Bei Winkeln um 30°, aber auch bei Bewegungen, die aus dem rückwärtigen Bereich des Greifraumes heraus ausgeführt werden, ist die Muskelbeanspruchung, wie in

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

Abbildung 12:
Kompatibilität in der bildhaften Zuordnung von Versuchsdesign, Auswertungsmethoden
und Meßergebnissen (aus experimentellen ergonomischen Studien)



diesem Einzelbeispiel zu sehen, wenigstens um die Hälfte geringer.

In Reihenuntersuchungen konnten — wie in Abbildung 13 veranschaulicht — für maßgebliche Muskeln des Hand-Arm-

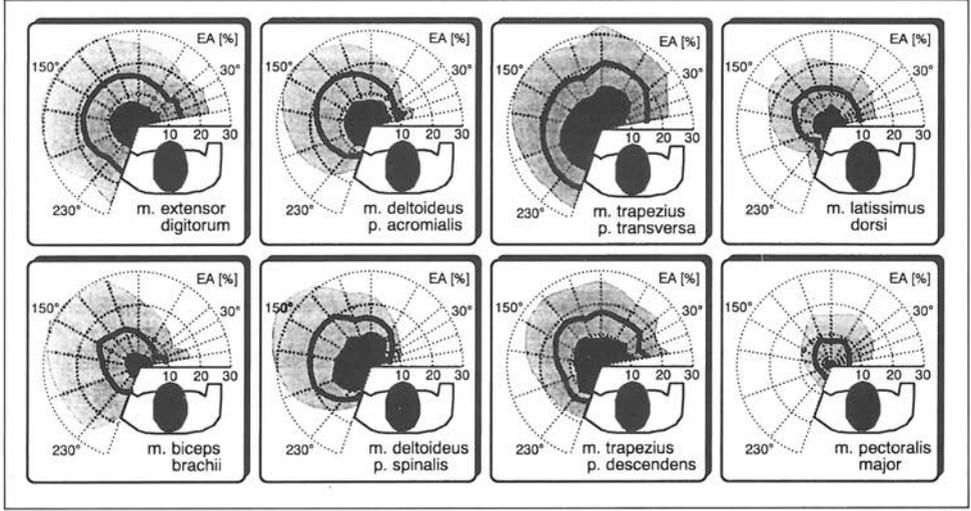
Systems und der oberen Teile des Rumpfes typische richtungsabhängige Beanspruchungen festgestellt werden, so daß diese Ergebnisse auch für die Planung und Gestaltung manueller Arbeit bei Kompatibilität zwischen Vorgabe und Be-

wegungsrichtung mit minimaler Gesamtbeanspruchung genutzt werden können.

In einer Anwendungsstudie (siehe *Strasser et al., 1992*), bei der verschiedene Sitzpositionen und Bewegungsrichtungen des linken Armes elektromyographisch bewertet wurden (vgl. Abbildung 14, Seite 36), zeigte sich, daß z.B. an einem

Kassenarbeitsplatz mit grundsätzlich frontaler Ausrichtung der Kassiererin zum Förderband und einer Bewegungsrichtung des linken Armes im Zuge des Schiebens der Waren von links nach rechts die physiologisch günstigsten Voraussetzungen bestehen. Diese Art des Warentransports, obwohl höchst kompatibel im Hinblick auf minimale Beanspruchung, stellt

Abbildung 13: Statische und dynamische Komponenten der elektromyographischen Aktivität (schwarze bzw. graue Bereiche der Kreisdiagramme) von acht Muskeln des Unterarms, Oberarms, der Schulter und oberen Teilen des Rumpfes in Abhängigkeit von der Richtung horizontaler Bewegungen zwischen 10° und 250°. (Mittelwerte von 11 Versuchspersonen bei der Manipulation von 1-kg-Gewichten in einem Arbeitstakt von 24/min über eine Distanz von 38 cm. Arbeitshöhe: 72 cm, Distanz Arbeitsebene/Sitzebene: 28 ± 2 cm)

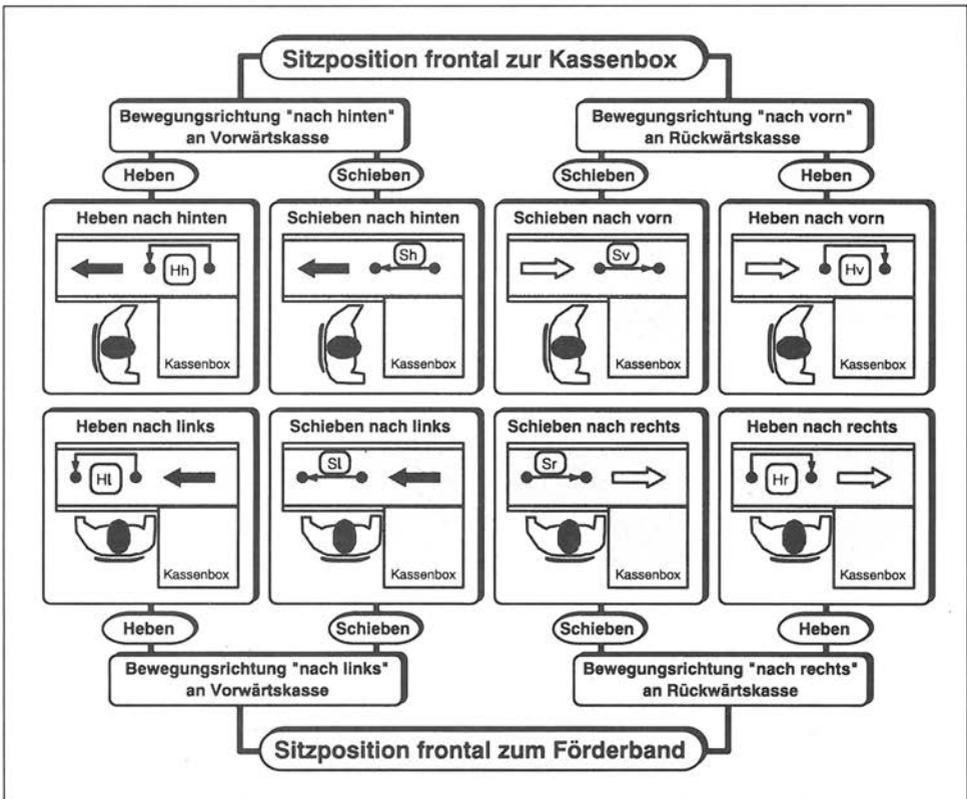


Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

bislang noch nicht den Regelfall dar. Vielmehr wird der Warentransport vielfach noch an traditionellen Vorwärtskassen (vgl. Abbildung 14, linke Hälfte)

in einer inkompatiblen Weise durch Schieben oder Heben der Waren von vorn nach hinten bzw. von rechts nach links bewerkstelligt.

Abbildung 14:
Sitzpositionen an traditionellen Vorwärts- und neuartigen Rückwärtskassen-Systemen mit dabei erforderlichen manuellen Bewegungselementen

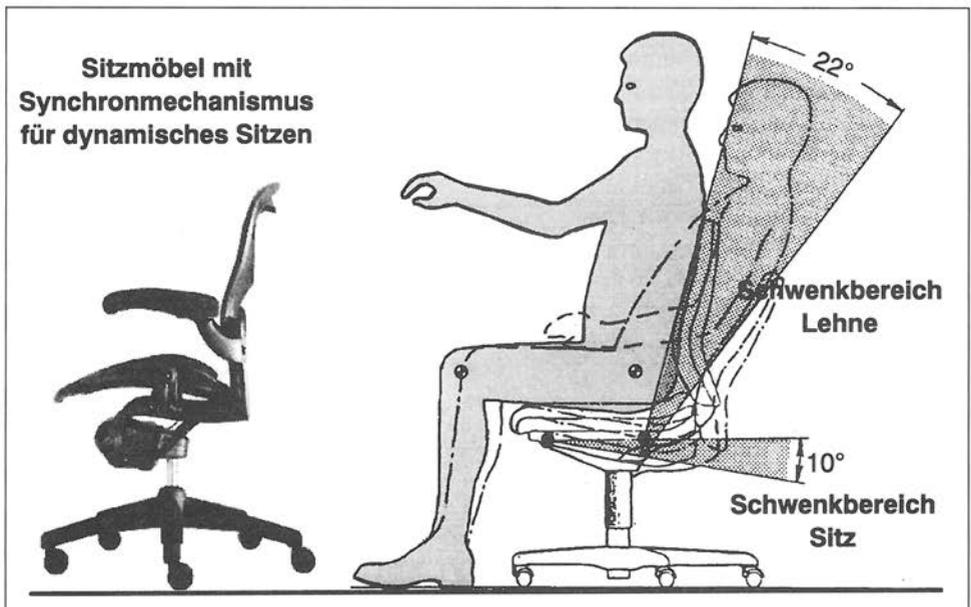


Stereotypes Festhalten an althergebrachten, d.h. traditionellen Gewohnheiten steht also der höher einzustufenden Kompatibilität der Arbeit mit den physiologisch eher zumutbaren Beanspruchungen der Beugemuskulatur anstatt der allgemein schwächeren Streckmuskulatur während der belastenden Arbeitsabschnitte gegenüber.

5.3 Kompatibilität zwischen anatomischen und funktionalen Gelenken bei Sitzmöbeln

Der arbeitswissenschaftlichen Bedeutung des Sitzens bei der Arbeit im Bürobereich gemäß und dem hohen Potential an präventivem Arbeitsschutz entsprechend, das ergonomische Sitzgelegenheiten bergen, sei mit Abbildung 15

Abbildung 15:
Kompatibilität zwischen den anatomischen Gelenken „Knie“ und „Hüfte“ und den funktionalen Gelenken von Sitzschale und lehnenkonstruktion



Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

zumindest darauf hingewiesen, daß auch hier die Forderung nach Kompatibilität in funktionalen Bereichen über ästhetisch-designerische Ansprüche gestellt werden muß.

Ein für dynamisches Sitzen geeignetes Sitzmöbel muß in allen Sitzlagen vor allem Unterstützung im Lendenwirbelbereich bieten, und es sollte das Abhebeln der Unterschenkel vom Boden in der hinteren Sitzhaltung sowie den „Hemdauszieheffekt“ infolge von Relativverschiebungen zwischen Rückenlehne und Rücken bei Sitzpositionsänderungen vermeiden. Möglich ist das nur, wenn die jeweiligen anatomischen und funktionalen Gelenke aufeinander ausgerichtet sind, wenn also der Drehpunkt für die Sitzfläche nicht über der Sitzsäule liegt, sondern in den Bereich der Sitzvorderkante, in die Nähe des Kniegelenkes, verlagert wird und wenn auch der Drehpunkt für die Rückenlehne mit dem Ort des Hüftgelenkes zur Deckung gebracht wird. Synchron aufeinander abgestimmte Schwenkbereiche von Sitz und Lehne (möglichst im Verhältnis 1 zu 2) sind also das Ergebnis der kompatiblen Ausrichtung funktionaler Elemente des Sitzmöbels an den physiologischen Eigengesetzlichkeiten des „Homo sedens“.

5.4 Kompatibilität in räumlicher Hinsicht

Für das Sitzen in räumlich beengten Verhältnissen kommt der Kompatibilität von Körperabmessungen und dem konstruktiv vorgesehenen Platz eine besondere Bedeutung zu, wobei nicht von vornherein vom Durchschnitt (d.h. von 50-Perzentil-Werten) abweichende potentielle Nutzergruppen ausgeschlossen werden dürfen.

DIN 33 408 will hierzu mit Normschablonen (vgl. Abbildung 16) z.B. für die passende Auslegung von Fahrzeuginnenräumen eine konstruktive Hilfe bieten. Es wäre wünschenswert, wenn primären Nutzerbedürfnissen und technischen Aspekten im Automobilbau ausgewogen Rechnung getragen würde und auch stets für den nötigen Bekanntheitsgrad und Sachverstand bei der Anwendung der „richtigen“ Schablonen der menschlichen Gestalt gesorgt wäre. Mancher Automobilkonzern macht heutzutage nämlich mitunter ganz gern mit ergonomischen Slogans Werbung, wenn etwa, wie in Abbildung 17, verheißungsvoll versprochen wird:

„Wir bauen Autos, die nicht nur Technik transportieren, sondern Menschen“.

Dennoch ist in dieser Hinsicht wohl Skepsis angebracht, zumal auch gilt, was von einem Automobil-Konzern zwar erkannt, aber nicht unbedingt

Abbildung 16:
 Sitzhaltung für den Fahrer in einem Personenkraftwagen
 (Normschablone nach DIN 33 408 Teil 1, Beiblatt 1)

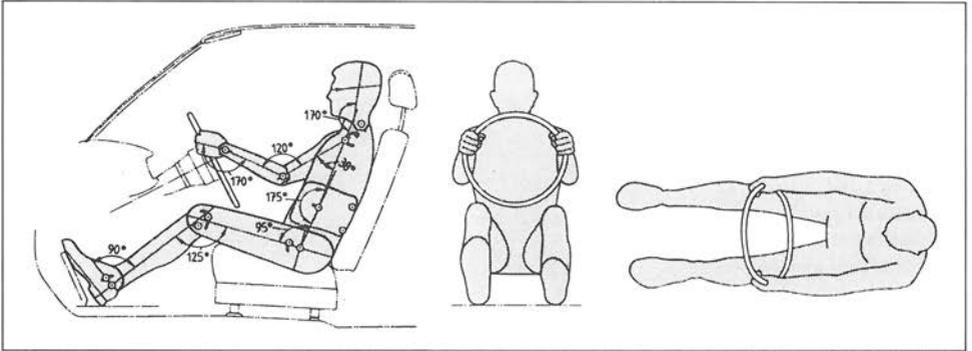


Abbildung 17:
 Zur eigentlichen Zweckbestimmung eines Automobils

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

in letzter Konsequenz beherzigt wurde (vgl. Abbildung 18), daß sich nämlich in den letzten 100 Jahren Mensch

und Auto immer weiter auseinandergelebt haben. Das ließe sich durchaus ändern.

Abbildung 18:
Akzeleration der Menschheit
und Reduktion des Raum-
angebots in einem Automobil —
eine inkompatible, gegenläufige
Entwicklung



5.5 Reiz-Reiz-Kompatibilität

Im folgenden sei zumindest andeutungsweise die anzustrebende Reiz-Reiz-Kompatibilität bei der sensorischen Nahtstelle eines Mensch-Maschine-Systems erläutert.

Für Bildschirmarbeitsplätze kommt diesem Gestaltungsziel u.a. zur Vermeidung von Störungen des Sehapparates und asthenopischen Beschwerden sogar eine hohe arbeitsmedizinische Bedeutung zu. Weil Texte von Manuskriptvorlagen oder andere Daten, die in der Regel in schwarzen Zeichen auf hellem Grund

des weißen Papiers repräsentiert sind, in einen PC oder ein Textverarbeitungssystem einzugeben sind, sollte es außer Frage stehen, daß Bildschirme, wie in Abbildung 19 rechts, mit Positivdarstellung von ebenfalls dunklen Zeichen auf hellem Grund, eher kompatibel sind als Bildschirme mit einem dazu inversen Kontrast von hellen Zeichen auf dunklem Grund.

Bei Kompatibilität zwischen natürlicher und technischer Anzeige ist unter gleichem zahlenmäßigen Kontrast die Sehschärfe höher, die Gefahr von Reflex-

blendungen durch spiegelnde Störlichtquellen geringer, und dem Auge wird weniger an Adaptationsaufwand abverlangt (vgl. *Krueger, 1989*).

Kompatibilität zum Zwecke der Reduktion des physiologischen Aufwandes, aber auch des schnellen und sicheren Informa-

tionsflusses zwischen technischem Gerät und Sinneskanal Auge, verlangt auch eine orthogonale Draufsicht, d.h. Neigung und Absenkung des Bildschirms auf zweigeteilten Tischen wie in Abbildung 20, so daß die entspannte Sehachse senkrecht auf die Bildschirmoberfläche trifft.

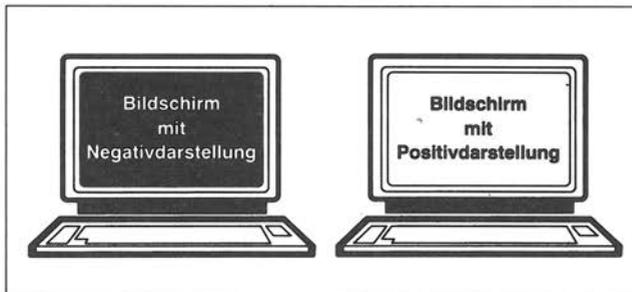


Abbildung 19:
Bildschirm mit Positivdarstellung (rechts) als reiz-reiz-kompatible sensorische Nahtstelle in einem Mensch-Maschine-System mit Minimierung des Umadaptationsaufwandes beim Wechsel des Blickes von einer Manuskriptvorlage zur Benutzeroberfläche Bildschirm als „Auge zur Technik“

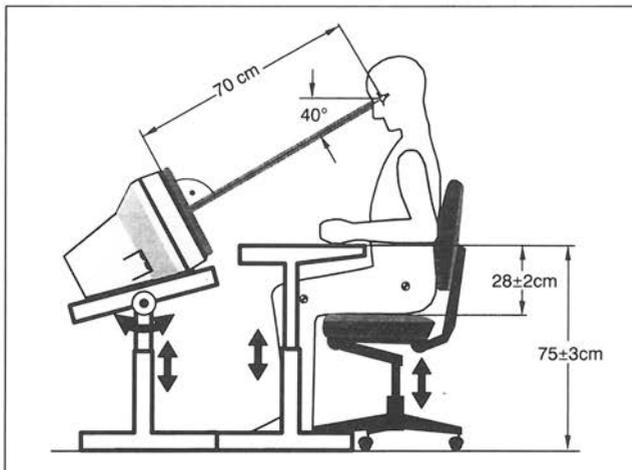


Abbildung 20:
Zweigeteilter höhenverstellbarer Tisch zur individuellen Einstellung der manuellen und visuellen Arbeitshöhe bei orthogonaler Draufsicht auf den Bildschirm

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

5.6 Reiz-Reaktions-Kompatibilität

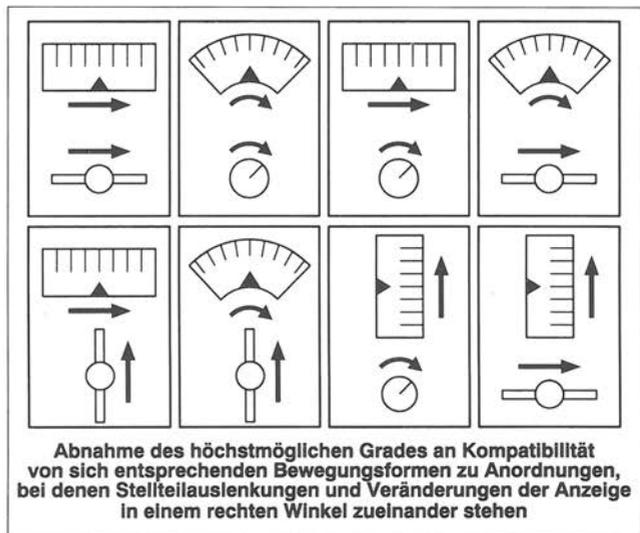
Kompatibilität ist nach klassischer ergonomischer Denkweise in erster Linie bei einer sinnvollen Zuordnung von Ursache und Wirkung gegeben, d.h., Reaktion und Effekt müssen mit einer auslösenden Aktion in einen eindeutigen Zusammenhang gebracht werden können. Die mehr oder weniger gute Realisierung dieser Reiz-Reaktions-Kompatibilität sei durch Abbildung 21 veranschaulicht.

Kompatibel sind zwar alle in Abbildung 21 dargestellten Zuordnungen von

Stellteilen und Zeigern auf einer Skala, doch nur die beiden Kombinationen oben links sind wirklich optimal, weil auch die Bewegungsformen von Stellteil und Zeiger auf einer Skala sich voll entsprechen.

Schieberegler mit geradlinigen, d.h. translatorischen Auslenkungen und horizontale Langfeldskalen oder Drehknöpfe und Rund- bzw. Sektorskalen können an Eindeutigkeit nicht mehr überboten werden, so daß dabei auch unter dem Aspekt der Arbeitssicherheit ein Optimum erzielbar ist, wogegen alle sonstigen

Abbildung 21:
Mehr oder weniger kompatible Zuordnungen von translatorischen und rotatorischen Auslenkungen eines Stellteiles zu Anzeigen auf einer langfeld- und Sektorskala



Zuordnungen mit einem Verlust an Kompatibilität verbunden sind.

Für die räumliche Anordnung von mehreren Anzeigen und Stellteilen auf einem Panel oder einem Armaturenbrett hat man sich selbstverständlich ebenfalls mit Sorgfalt um höchstmögliche eindeutige Lösungen zu bemühen. Zwei, wie in Abbildung 22 übereinander liegende hori-

zontale Langfeldskalen, sind z.B. weder nach der Anordnung A noch nach B den jeweils nebeneinander platzierten Stellteilen sicher zuzuordnen. Selbst die Lösung C besitzt nicht den höchsten Grad an Ordnung, so daß Sensorlinien sicher nicht überflüssig sind, wogegen bei der Lösung D Verwechslungen in der Zugehörigkeit der beiden Instrumente zu den Stellteilen absolut ausgeschlossen sind.

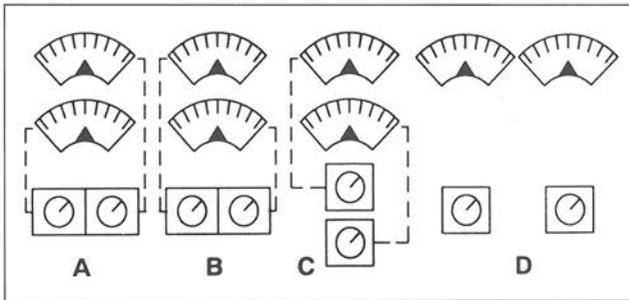


Abbildung 22:
Räumliche Zuordnung von mehreren Stellteilen zu Anzeigen mit von A nach D steigendem Grad an Eindeutigkeit, wobei die Anordnungen A und B ohne Zuordnungspfade nicht kompatibel wären

5.7 Kompatibilität in der Software-Ergonomie

Abschließend sei noch kurz auf den Aspekt der Kompatibilität im Softwarebereich eingegangen. Das Ziel zunehmend an Bedeutung gewinnender software-ergonomischer Bemühungen muß nämlich auch sein, den Grad an Reiz-Reaktions-Kompatibilität im Umgang

mit modernen Informations- und Kommunikationssystemen zu erhöhen.

Bereits ein einfaches Textverarbeitungssystem, das nach nutzerfreundlichen Kriterien ausgelegt ist, muß in natürlicher Sprache dialogfähig sein, muß in einem „Frage- und Antwortspiel“ über die Benutzeroberfläche „Bildschirmmaske“ handhabbar sein. Es darf den

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

Nutzer nicht unnötigerweise zu den oftmals verschlungenen Pfaden im Dschungel interner Verknüpfungen von Programmstrukturen führen (vgl. Krueger, 1989). Nur wenn ein System Fragen eines Benutzers als „Schlüsselreize“ zu verstehen weiß und eindeutige Antworten ohne „Wenn und Aber“, die im Programmablauf weiterhelfen, zu geben vermag, kann von Kompatibilität der Software gesprochen werden. Ansonsten wird unweigerlich das Gefühl des „Ausgeliefertseins“ bzw. der Hilflosigkeit im Umgang mit dem System entstehen.

Der Reiz-Reaktions-Kompatibilität abträglich ist dabei oftmals sogar ein „Zuviel“ an technisch realisierbarer Kapazität, an verschiedensten Optionen und allen erdenklichen programmtechnischen Möglichkeiten in Relation zu dem meist erheblich geringeren Bedarf des „normalen“ Nutzers. Die Gestaltung benutzer-gerechter Mensch-Computer-Dialoge (vgl. z.B. Heeg, 1988) gewinnt also immer mehr an Bedeutung, wobei jedoch eine tayloristische Arbeitsteilung letztendlich meist kontraproduktiv ist.

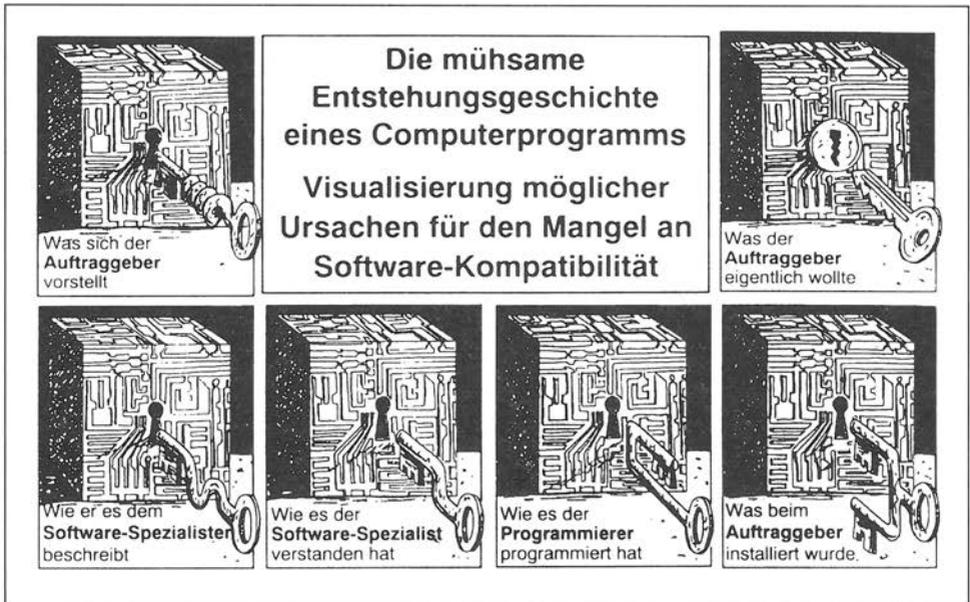
Mit Abbildung 23 sei verdeutlicht, worin oftmals die Ursachen für mangelnde Software-Kompatibilität liegen. Das, was sich ein Auftraggeber vorstellt, ist schwerlich vorab in allen Einzelheiten in einem Lastenheft festlegbar. Deshalb decken sich die mitunter nur vagen Vor-

stellungen des Auftraggebers nicht unbedingt mit dem, was dem Software-spezialisten beschrieben wird. Von dem, was dieser verstanden hat, wird möglicherweise infolge von Abstimmungsverlusten durch den Programmierer nicht unbedingt alles realisiert, so daß letztlich beim Auftraggeber installiert wird, was nur u.a. zu tun hat mit dem, was dieser eigentlich wollte. Anstatt diverser Optionen hatte er sich wohl eine auf seine Probleme zugeschnittene Speziallösung vorgestellt, einen einfachen Schlüssel für ein Zylinderschloß, um die Tür zur Nutzung der Technik zu öffnen.

6 Ausblick

Zusammenfassend sei noch einmal betont, daß die stets erstrebenswerte Kompatibilität zwischen den Eigen-gesetzlichkeiten und Funktionsprinzipien des menschlichen Organismus einerseits und den gestaltbaren technischen Komponenten eines Arbeitssystems andererseits ein hohes Potential an Präventionsmöglichkeiten auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes birgt. Unter dem Aspekt der Kompatibilität ergonomisch durch-gestaltete Arbeitsmittel können helfen, die Prävalenz von Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Erkrankungen zu reduzieren. Kompatibilität führt stets zu geringeren physiologischen Kosten, so

Abbildung 23:
 Visualisierung möglicher Ursachen für den Mangel an Software-Kompatibilität



daß aus einem Weniger an Aufwand der gleiche Output resultiert, u.U. sogar ein Mehr an Leistung möglich wird, daß also sogar eine Harmonisierung von Humanaspekten und wirtschaftlichen Zielen in der Arbeitswelt nicht nur graue Theorie bleiben muß. Kompatibilität ist der raschen Informationsaufnahme und -abgabe in einem Mensch-Maschine-System

förderlich, und infolge des weniger hohen Umkodieraufwandes in der Informationsverarbeitung werden mentale Kapazitäten frei, die für die Arbeitssicherheit die nötigen Reserven darstellen können. Kompatibilität im Software-Bereich hilft schließlich mit, auch Frustrationen psychischer Art zu vermeiden. Es bedarf jedoch vereinter Bemühungen

Präventiver Arbeitsschutz durch ergonomische Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

der Ergonomie, der Arbeitsmedizin und der Arbeitspsychologie, wenn der „Ganzheit“ Mensch Rechnung getragen und in der Arbeitsgestaltung das vielzitierte Motto „der Mensch ist das Maß aller Dinge“ wirklich beherzigt werden soll.

Literaturverzeichnis

- [1] BeKV 2101: Erkrankungen der Sehnenscheiden oder des Sehnengleitgewebes sowie der Sehnen- oder Muskelansätze, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederauftreten der Krankheit ursächlich waren oder sein können
- [2] BeKV 2103: Erkrankungen durch Erschütterung bei Arbeit mit Druckluftwerkzeugen oder gleichartig wirkenden Werkzeugen oder Maschinen
- [3] BeKV 2104: Vibrationsbedingte Durchblutungsstörungen an den Händen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederauftreten der Krankheit ursächlich waren oder sein können
- [4] *Bullinger, H.-J. und Solf, J.J.*: Produkt-Ergonomie hilft Berufskrankheiten vermeiden — Exemplarische Darstellung der Ursachenanalyse und der Problemlösung. REFA-Nachrichten 31 (1), S. 17 - 21, 1978
- [5] *Bullinger, H.-J. und Solf, J.J.*: Fallstudie: Maurerkelle. Umsetzung arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse in die Handwerkspraxis. Humane Produktion — Humane Arbeitsplätze (5) S. 16 - 18 und (6) 16 - 18, 1979
- [6] DIN 2137 Teil 2: Alphanumerische Tastaturen. Deutsche Tastatur für Text- und Datenverarbeitung, Belegung mit Schriftzeichen, Oktober 1988
- [7] DIN 2139: Alphanumerische Tastaturen. Tastenanordnung für Dateneingabe. Juli 1976
- [8] DIN 33 408 Teil 1: Körperumrißschablonen für Sitzplätze, Januar 1987
- [9] *Heeg, F.J.*: Empirische Software-Ergonomie — Zur Gestaltung benutzer-gerechter Mensch-Computer-Dialoge. Reihe „Informationstechnik und Datenverarbeitung“, Springer Verlag, 1988
- [10] *Keller, E.; Becker, E. und Strasser, H.*: Objektivierung des Anlernverhaltens einer Einhand-Akkord-Tastatur für Texteingabe. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft: 45 (17 NF) 1, S. 1 - 10, 1991
- [11] *Krueger, H.*: Arbeiten mit dem Bildschirm — aber richtig! Arbeitswissen-

schaftliche Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung. 9. Ausgabe, München 1989

[12] Solf, J.J.: Ergonomische Gestaltung eines Feilenheftes. Technisches Journal für praktische Metallbearbeitung 71 (1) S. 33 - 35, 1977

[13] Strasser, H.: Kompatibilität. Kap. 2.4.5 in Hettinger, Th. und Wobbe, G. (Hrsg.): Kompendium der Arbeitswissenschaft. Kiel-Verlag, Ludwigshafen/Rhein, S. 274 - 288, 1993

[14] Strasser, H.: Kompatibilität als Ziel der ergonomischen Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie. 45 (1), S. 6 - 21, 1995

[15] Strasser, H.; Lauber, M. und Koch, W.: Produkt-ergonomische Beurteilungsmethoden für handbetätigte Arbeitsmittel — Leistungsdaten und Beanspruchung des Hand-Arm-Systems beim Test ver-

schiedener Schraubendrehergriffe. Z.Arb.wiss. 44 (16 NF) 4, S. 205 - 213, 1990

[16] Strasser, H.; Böhlemann, J. und Keller, E.: Elektromyographische und subjektive Ermittlung der Muskelbeanspruchung bei arbeitstypischen Bewegungen an Kassenarbeitsplätzen zur Entwicklung von Bausteinen eines Systems vorbestimmter Beanspruchung. Z.Arb.wiss. 46 (18 NF) 2, S. 70 - 76, 1992

[17] Strasser, H.; Ernst, J. und Müller, K.-W.: Günstige Bewegungen für die ergonomische Arbeitsgestaltung — Elektromyographische Untersuchungen des Hand-Arm-Systems. Schriftenreihe „Arbeitsmedizin — Arbeitsschutz — Prophylaxe und Ergonomie“, Band 11, C. Haefner Verlag, Heidelberg 1992

[18] Zipp, P.; Haider, E.; Halpern, N.; Mainzer, J. und Rohmert, W.: Untersuchungen zur ergonomischen Gestaltung von Tastaturen. Zbl. Arbeitsmed. 31, S. 326 - 330, 1981

1 Problemstellung

Obwohl eine nicht unerhebliche Menge von ergonomischen Daten und Empfehlungen vorliegt und diese Werte auch in Form von verschiedenen Lehrbüchern (z.B. *Schmidtke, 1993, Luczak, 1993, Bullinger, 1994*) didaktisch aufbereitet sind, macht der Fachmann doch immer wieder die Erfahrung, daß manche Arbeitsplätze und Arbeitsmittel z.T. erhebliche ergonomische Mängel aufweisen, die in deutlichem Widerspruch zu dem obengenannten Wissen stehen. Der Grund dafür liegt sicherlich darin, daß ergonomisches Wissen und die Kenntnis davon bei weitem noch nicht so verbreitet sind, wie es im Sinne des Mitarbeiters läge. Der Konstrukteur von Arbeitsplätzen und Arbeitsmitteln hat im allgemeinen nur wenig Wissen auf diesem Gebiet und folgt folglich in arbeitswissenschaftlichen Fragen oft seiner Intuition. In vielen Fällen ist es für den Arbeitswissenschaftler auch schwierig, das vorhandene Wissen so in Tabellen zu komprimieren, daß es unmittelbar und für jeden Anwendungsfall adäquat angewendet werden kann. So bleibt oft ein Potential an möglichem Gesundheitsschutz ungenutzt, das durch konsequente Anwendung ergonomischer Erkenntnisse auf diesem Gebiet erhebliche Verbesserungen erwirken würde. Abhilfe kann hier der sachgerechte Einsatz des Hilfsmittels Computer darstellen.

2 Rechnereinsatz als Hilfsmittel zur Berücksichtigung von Ergonomie

Der Computer vermag sozusagen im Sinne eines Expertensystems Wissen zur Verfügung stellen, das der Anwender nicht unbedingt selbst haben muß. Allerdings ist Voraussetzung für einen sinnvollen Einsatz des Computers dabei, daß die entsprechenden Programme das Wissen so aufbereitet darstellen, daß es auch wirklich von einem ergonomischen Laien benutzt werden kann. Unter dem Aspekt der praktischen Fragestellungen ist für die Erstellung derartiger Programme zu unterscheiden zwischen

- Konstruktionssystemen (CAD-tools) und
- Bewertungssystemen.

Erstere stellen Hilfsmittel dar, die bei der Erstellung eines Arbeitsplatzes oder eines Arbeitsmittels die Berücksichtigung ergonomischer Erkenntnisse sicherstellen sollen. Solche Hilfsmittel können darin bestehen, daß an konventionelle CAD-Systeme ergonomisches Wissen in Form von Tabellen oder Ausschnitten aus Lehrbüchern sozusagen angehängt wird, das dann im besten Falle kontextabhängig angeboten wird, oder in eigenständigen Systemen, die den Menschen oder spezielle Eigenschaften des Menschen als zu nutzenden Maßstab der Konstruktion bereitstellen. Im folgenden

wird das CAD-tool RAMSIS als ein Beispiel der letzteren Art dargestellt, wobei hier noch als eine weitere Besonderheit hinzukommt, daß dieses System sowohl als ergonomisches Meßsystem als auch als CAD-tool zur Verfügung steht, was bereits in der Konstruktionsphase einen Austausch von Daten zwischen der Realität und der zunächst nur in Form von Software vorhandenen Konstruktion ermöglicht, ein Austausch, der sonst erst in einer späteren Entwicklungsphase durch die Verwendung von Mock-ups möglich wäre.

Als Beispiel für die als zweites genannten Bewertungssysteme wird das Ergonomische Datenbanksystem (EDS) dargestellt, das auf eine als Software aufbereitete Datenbasis zurückgreift und aufgaben- und arbeitsplatzabhängig ergonomische Bewertungen ermöglicht, spezifische Datenblätter erstellt u.ä. Damit ist es möglich, vorhandene Arbeitsplätze zu analysieren und ergonomische Mängel sichtbar zu machen.

3 RAMSIS als Beispiel für ein ergonomisches Konstruktionshilfsmittel

3.1 Ausgangssituation

Die frühzeitige Integration ergonomischer Fragestellungen in den Konstruktions-

prozeß eines beliebigen Arbeitsplatzes erfordert die Anwendung sinnvoller Konstruktionshilfen. Als eine Möglichkeit haben sich in den letzten Jahrzehnten Schablonen von Perzentiltypen bewährt (DIN-Schablone, Bosch-Schablone, SAE-Schablone...), die eine zweidimensionale Auslegung des zu konstruierenden Arbeitsplatzes bzw. eines zu entwickelnden Werkzeuges ermöglichen. Während sich aber der Entwicklungsprozeß der Maschinen durch Einsatz von 3D-Konstruktionssystemen (CAD) wesentlich verbessert und beschleunigt hat, sind die Schablonen weitgehend auf der zweidimensionalen Stufe stehengeblieben. Ergonomische Konzeptionen eines dreidimensional zu konstruierenden Arbeitsplatzes mit Hilfe solcher 2D-Schablonen durchführen zu müssen, stellt einen für den Konstrukteur schwierigen, für eine Vielzahl von Fragestellungen unlösbaren Zustand dar. Neben dieser grundsätzlichen Diskrepanz zwischen den Konstruktionsdimensionen sind die verfügbaren Schablonen auch hinsichtlich ihrer anthropometrischen Auslegung sowie ihrer ergonomisch richtigen Nutzung umstritten.

Aus heutiger Sicht gibt es drei Gründe, die eine einfache Übertragung herkömmlicher Schablonen auf ein Computersystem als nicht sinnvoll erscheinen lassen:

Perzentilierung:

Die herkömmlichen Schablonen entstanden durch die Vermessung von Körperteillängen vieler Versuchspersonen. Eine personenunabhängige statistische Perzentil-Verrechnung der Längenmaße und das nachfolgende Zusammensetzen gleicher Perzentilmaße zu einem Schablonenmodell generiert eine Kunstperson, die in der Realität nicht existiert (z.B. besitzt die 95-Perzentil-Schablone in jedem Körperteil das zugehörige 95-Perzentil-Maß). Eine real große Person (z.B. mit der 95-Perzentil-Körperhöhe) zeichnet sich aber beispielsweise dadurch aus, daß sie überproportional lange Beine und einen dazu vergleichsweise kurzen Oberkörper besitzt.

Körperhaltung:

Bei der Nutzung einer Schablone erfolgt das Einstellen einer Körperhaltung entweder durch das „künstlerische Empfinden“ des Konstrukteurs oder durch die Vorgabe eines festen Haltungswinkelsatzes (z.B. DIN und SAE). Da aber eine Körperhaltung durch das Zusammenspiel einer großen Anzahl von Körpergelenken entsteht, die wiederum sehr stark von der gestellten Aufgabe abhängen, ist ein Verfahren notwendig, das aus einer zu konstruierenden Umgebung heraus physiologisch reale Körperhaltungen prognostizieren kann.

Komfortempfindung:

Ein weiteres Manko herkömmlicher Schablonen liegt darin, daß die Variationen der anthropometrischen Körperlängen bzw. -haltungen dem Konstrukteur keinen Aufschluß über die ergonomische Qualität seiner Entwicklung geben. Er ist nicht in der Lage, das Komfortempfinden, das seine Konstruktion bei realen Personen hervorruft, zu beurteilen bzw. quantitativ zu beschreiben.

Seit Mai 1988 wurde deshalb in Zusammenarbeit der Firmen TECMATH Kaiserslautern, IfE München, Lehrstuhl für Ergonomie der TU München und der Professur für Arbeitswissenschaften der KU Eichstätt das Forschungsprojekt 3D-SOFTDUMMY mit dem Ziel durchgeführt, diese Unzulänglichkeiten zu überwinden. Auftraggeber waren die FAT (Forschungsvereinigung Automobiltechnik), Audi, BMW, Ford, Mercedes-Benz, Opel, Porsche, VW sowie die beiden Sitzhersteller Keiper-RECARO und Naue.

3.2 Das geometrisch-kinematische Modell

Grundlegende Voraussetzung für einen Rechnerdummy ist die Konzeption seiner Modellierung. Sie ist im Falle von RAMSIS sowohl Grundlage für die Mes-

sung ergonomischer Daten als auch für die CAD-Anwendung in der Konstruktion.

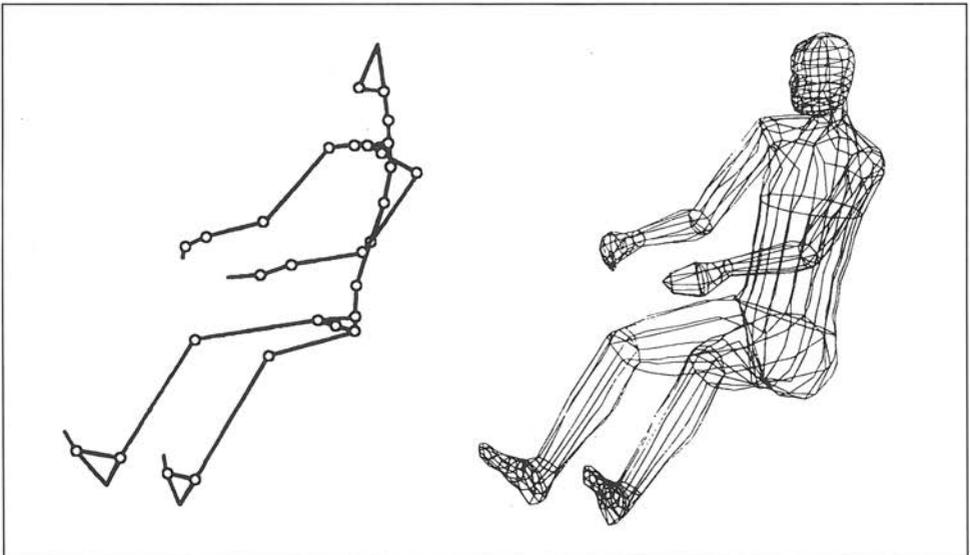
Während die äußere Erscheinung des Menschen durch seine Körperoberfläche vollständig festgelegt ist, wird seine Beweglichkeit durch das Knochenskelett bestimmt. Deshalb besitzt RAMSIS ebenfalls zwei Realisierungsebenen:

- ein inneres Modell und
- ein äußeres Modell.

Das innere Modell (siehe Abbildung 1 links) erfüllt wie das menschliche Skelett eine Gerüstfunktion; es ist gleichzeitig der Träger der Modellkinematik. Eine Analyse des menschlichen Skeletts führte zum Aufbau eines inneren Modells, das einen Kompromiß zwischen zwei konträren Anforderungen darstellt:

- Verankerung aller wesentlichen Haltungs- und Bewegungsmerkmale im inneren Modell,

Abbildung 1:
Das innere und äußere Modell von RAMSIS



□ Begrenzung der Zahl der Gelenke und deren Freiheitsgrade auf das geringstmögliche Maß, um im späteren CAD-System die notwendige Rechenzeit gering zu halten.

Das äußere Modell (Abbildung 1 rechts) bildet die Körperoberfläche nach. Im Gegensatz zu bereits existierenden Menschmodellen wird bei RAMSIS die Körperoberfläche nicht mit Hilfe von starren, geometrisch einfachen Objekten (prismatische Körper, Ellipsoide...) realisiert, sondern durch eine aufwendige variable Steuerung eines Kontrollpunktnetzes. Dabei wird eine große Anzahl von Stützpunkten (im Standardmodell ca. 1700) an das innere Modell angeheftet. Diese Befestigung erfolgt aber nicht fest, sondern ist abhängig von den darunterliegenden Gelenkstellungen. Anschließend läuft über das Kontrollgitternetz ein variabler Oberflächengenerator, der je nach gewünschter Modellierungsfineinheit von einer stückweisen linearen Interpolation bis zu Polynom- und Splineflächeninterpolationen variiert werden kann.

Der Vorteil dieses Konzeptes gegenüber anderen Modellen liegt vor allem in der wesentlich verbesserten Hautnachbildung über den Gelenkbereichen. Zukünftig wäre mit diesem Konzept auch die Vari-

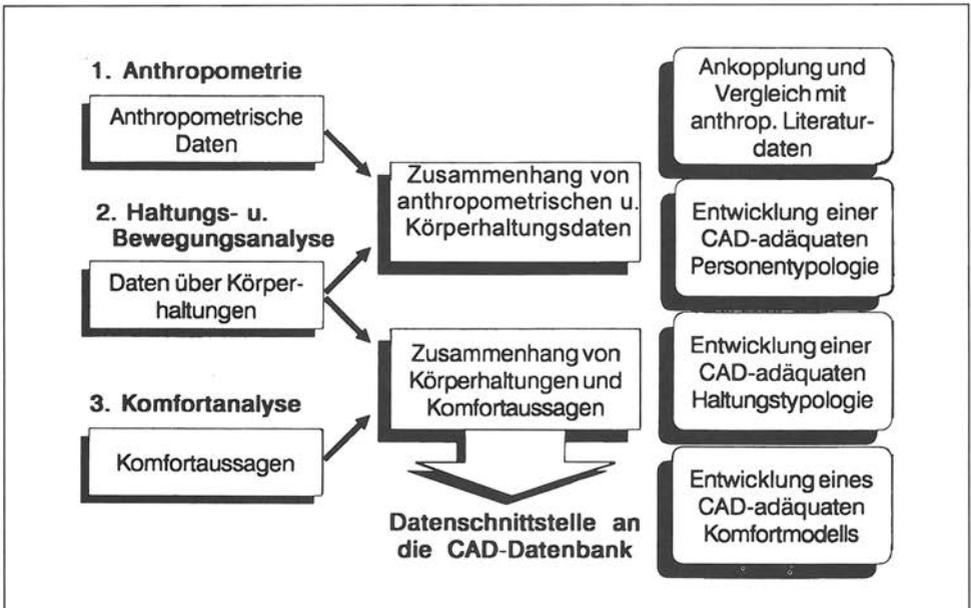
ation großer Weichteil-Körperbereiche in Abhängigkeit der Körperhaltung realisierbar (z.B. Bauchverdickung bei Sitzhaltungen).

3.3 Messung und Modellierung der Ergonomiedaten

Da die in der Literatur zugänglichen Daten nicht ausreichen um ein derart umfassendes Modell zu definieren, wurden für RAMSIS neue Meßmethoden entwickelt. Diese Meßmethoden müssen in der Lage sein, modelladäquate, d.h. dreidimensionale, direkt auf das CAD-System übertragbare Daten zu erheben. Abbildung 2 (siehe Seite 54) zeigt den gesamten Umfang der ergonomischen Datenerfassung. Neben einer anthropometrischen Körpermaßbestimmung wurden Haltungen, Bewegungen und die damit verbundene Haltungskomfortempfindung ermittelt. Eine Anwendung statistischer Verfahren auf die gewonnenen Daten extrahiert eine CAD-adäquate Personen-, Haltungs- und Komforttypologie. Daneben ist die Anknüpfung von RAMSIS an die weltweit verfügbaren anthropometrischen Literaturdaten über eine offene Schnittstelle vorgesehen (Abbildung 2).

Die grundlegend neue Idee, die das RAMSIS-Meßkonzept von vergleichbaren Systemen unterscheidet, besteht darin,

Abbildung 2:
Das ergonomische Meßkonzept



das Menschmodell selbst als Meßwerkzeug zu benutzen. Das dabei angewandte Verfahren besteht aus drei grundsätzlichen Schritten und wird sowohl bei der anthropometrischen Vermessung als auch bei der Haltungs- und Bewegungsanalyse in ähnlicher Weise angewandt:

1. Die Versuchsperson wird unter Zuhilfenahme von elektronischen Kameras aufgezeichnet und die Bilder in eine für den Rechner lesbare Form gebracht (digitalisiert).

2. Das dreidimensionale Menschmodell wird im Rechner mit den Parametern der

Aufnahmekameras auf korrespondierende Bildebenen abgebildet.

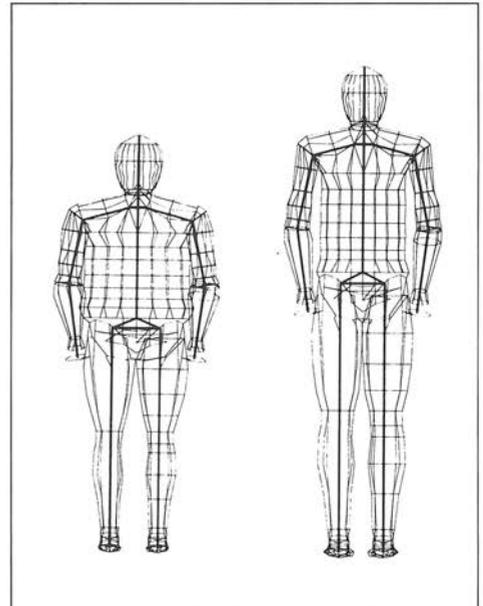
3. Die gesuchten Größen werden solange am Menschmodell verändert, bis sich die Abbildungen von Versuchsperson und Rechnermodell gleichen.

Im Falle des berührungslosen Anthropometriemeßsystem wird die Versuchsperson in Vorder- und Seitenansicht unter Zuhilfenahme von zwei elektronischen Kameras fotografiert. Die Versuchsperson hat dabei eine Anzahl von ausgewählten Körperhaltungen einzunehmen. Die Aufnahmen werden in den Rechner eingelesen und dort mit der Abbildung des CAD-Menschmodells überlagert. Im Zuge der eigentlichen Vermessung erfolgt eine Veränderung der Körperteillängen, -dicken und -umfänge des Menschmodells so lange, bis eine vollständige Überdeckung der Versuchspersonaufnahme durch das Menschmodell erfolgt. Die Auswertung der verschiedenen Körperhaltungen einer Person erlaubt die Errechnung der Lage der kinematischen Drehpunkte der einzelnen Körperteile.

Die durch die berührungslose Vermessung gewonnenen Anthropometriedaten sowie die Zusammenarbeit mit Dr. Greil und der damit verbundene riesige anthropometrische Datenumfang der ehemaligen DDR haben gezeigt, daß drei

unabhängige, die Körperproportionen überwiegend beeinflussende, Merkmale existieren. Diese Typmerkmale (Körpergröße, Korpulenz und Verhältnis zwischen Gliedmaßenlänge zur Rumpflänge) sind in der Lage, die Population in realistischer Weise zu beschreiben (exemplarisch in Abbildung 3 dargestellt).

Abbildung 3:
Kleiner dicker und großer dünner Mann



Die Betrachtung anthropometrischer Maße innerhalb eines Zeitfensters von 40 Jahren erlaubte, verbunden mit einer Extrapolationsberechnung, die Modellierung der Akzeleration (des durchschnittlichen Größenwachstum der Gesamtbevölkerung im Laufe der Zeit).

Die dreidimensionale Haltungsanalyse nimmt eine zu vermessende Person aus bis zu vier beliebigen Kamerapositionen ebenfalls mit Videokameras auf. Die Anpassung des Menschmodells an die Haltungsaufnahmen erfolgt interaktiv durch die Variation der Körperhaltungswinkel, bis eine vollständige Überlagerung des Menschmodells und der Kameraaufnahmen erfolgt.

Durch ein ebenfalls im Rahmen dieses Forschungsprojektes entwickeltes Verfahren zur bildgenauen Zerlegung von beliebigen Videosequenzen wurde das Haltungsanalysesystem für die Bewegungsanalyse erweitert. Dabei wird die Bewegung einer Person wieder mit bis zu vier beliebig positionierten Kameras aufgenommen und das mit einem Time-Code markierte Videosignal auf Hi8-Recorder aufgezeichnet. Eine computergesteuerte Videoeinheit zerlegt die Bildinformation jedes Videobandes in eine zeitgenaue Folge von Einzelbildern, die, analysiert mit dem Haltemeßverfahren, eine Abfolge von Körperhaltungen ergeben.

Die Haltdatenerhebung für RAMSIS erfolgte auf zwei Fahrerständen. Neben der Haltungsmessung in Fahrerhaltung (bei variierten Abmessungen von Pedalerie, Lenkrad, Sitz) wurden weitere, für das Kraftfahrzeug typische Aufgaben in den Versuchsumfang aufgenommen. Dazu zählen Umblicks- und Erreichbarkeitsuntersuchungen ebenso wie der Ein- und Ausstiegsvorgang bei einem Pkw.

Aus den so gewonnenen Haltungsverteilungen, bezogen auf die verschiedenen zu erfüllenden Aufgaben, wurde für jedes Körpergelenk eine mehrdimensionale Optimierungsfunktion entwickelt, mit deren Hilfe RAMSIS in der CAD-Anwendung in der Lage ist, die realen Körperhaltungen der gemessenen Versuchspersonen zu simulieren. In Abbildung 4 ist die Funktion für die untere Brustwirbelsäule dargestellt.

Die Komfortmessung erfolgt auf einem Fahrerstand der Firma Audi (Abbildung 5), der eine motorgesteuerte Variation der Bedienelementabmessungen in einem so großen Umfang gestattet, daß fast jedes Fahrzeug, von Sportwagen bis Klein-LKW, der weltweiten Autoproduktion in seinen Abmessungen simulierbar ist. Zusätzlich erfolgte eine Aufrüstung um eine Sicht- und Akustiksimulation. Die RAMSIS-Komfortmessung zwingt die Versuchspersonen in drei

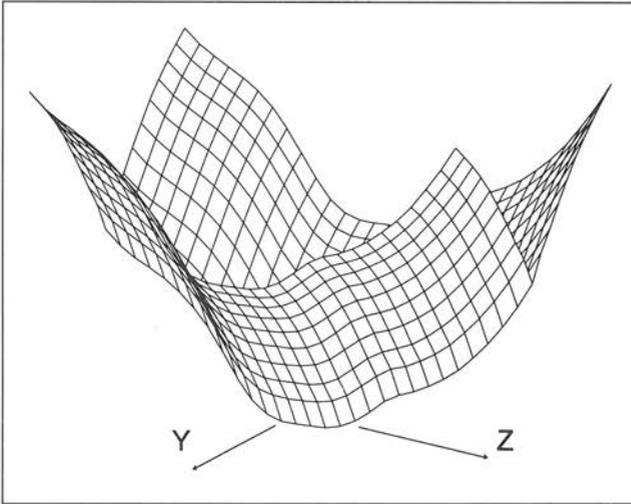


Abbildung 4:
Haltungmodellierungsfunktion
obere Brustwirbelsäule



Abbildung 5:
Der Audi-Fahrerstand

unterschiedliche Körperhaltungen, die etwa den Sitzhaltungen eines Kleinbusses, Mittelklassewagens und eines Sportwagens entsprechen. In jeder Einstellung ist eine zehnmünütige Fahraufgabe zu absolvieren, bei der eine dreidimensionale Vermessung der Körperhaltung erfolgt. Simultan mit den Haltungsexperimenten wird das Komfortempfinden von Versuchspersonen mittels psychologischer Befragung erfaßt. Ein dazu entwickelter spezieller Fragebogen ermittelt das Komfortempfinden der Versuchspersonen in standardisierter Form.

Eine reduzierte Auswahl von Versuchspersonen absolvierte eine Serie von langzeitversuchen (Fahrprogramm über vier Stunden), bei denen die Komfort- und Körperhaltungsveränderung über größere Zeiträume geklärt werden sollten. Die ausgewerteten Fragebogenergebnisse jeder Versuchsperson wurden zu den korrespondierenden Körperhaltungen statistisch in Bezug gesetzt. Damit ist man in der Lage, Regressionskoeffizienten zu berechnen, die, in RAMSIS auf die aktuelle Körperhaltung angewendet, eine Prognose hinsichtlich des zu erwartenden Haltungskomforts geben. Der Konstrukteur ist somit in der Lage, Variationen der Umgebung (mit der dazu notwendigen Haltungsänderung) hinsichtlich ihrer ergonomischen Qualität sofort quantitativ zu beurteilen.

3.4 Das CAD-Werkzeug RAMSIS

Die im Rahmen der skizzierten ergonomischen Untersuchung gewonnenen Daten mußten in geeigneter Weise in ein für die Praxis einfach zu nutzendes CAD-Werkzeug umgesetzt werden. Das Herzstück dieses CAD-Systems RAMSIS ist das Menschmodell, einschließlich des zugehörigen Modellarchivs für Haltung und Komfort sowie die anthropometrische Datenbank. Um diesen Kern gruppieren sich verschiedene Programmteile, durch die RAMSIS erst zu einem funktionalen Werkzeug für den Anwender wird.

Der In- und Export der Konstruktionsumgebung aus den verschiedenen CAD-Systemen erfolgt über VDAFS- und VDAIS-Schnittstellen, einfache Manipulationen der Umgebung sind sogar innerhalb von RAMSIS möglich.

Als Hardwareplattformen werden die UNIX-Workstationsysteme aller großen Hersteller (SUN, HP, DEC, Silicon-Graphics...) unterstützt, inzwischen ist eine direkte Implementierung von RAMSIS in verschiedene CAD-Systeme abgeschlossen (z.B. CATIA) bzw. im Gange.

Im einzelnen verfügt das CAD-Tool RAMSIS über folgende besondere Eigenschaften:

□ Die anthropometrische Datenbank stellt dem Konstrukteur neben den herkömmlichen Perzentildatensätzen die diskutierte Menschentypologie zur Verfügung, die eine realistischere Überprüfung der Konstruktion gewährleistet. Die Kombination der Körpertypen mit der Akzelerationsmodellierung gibt dem Anwender die Sicherheit, daß seine Konstruktion auch noch in zwanzig Jahren nutzbar bleibt.

□ Der Anwender ist in der Lage, die Abmessungen individueller Personen entweder über das RAMSIS-Anthropometriemeßverfahren oder über eine Literaturschnittstelle in das System einzuspielen, in der Datenbank abzulegen und im Konstruktionsprozeß zu nutzen.

Positionsveränderungen werden bei den heute verfügbaren Computermodellen in aller Regel durch eine äußerst aufwendige Eingabe der einzelnen Winkelwerte für jedes Gelenk durchgeführt. Neben dieser, aus ergonomischer Sicht fragwürdigen Vorgehensweise ist dies unanschaulich, zeitraubend und daher für einen regelmäßigen, professionellen Einsatz indiskutabel.

Bei RAMSIS wurden daher grundlegend neue Wege beschritten, um einen angemessenen Handhabungskomfort und ergonomisch richtige Ergebnisse zu erreichen. Basierend auf den diskutierten Haltungs- und Komfortmodellierungen sorgen aufwendige Optimierungsverfahren für eine korrekte Errechnung von Körperhaltung und Komfort (Abbildung 6).

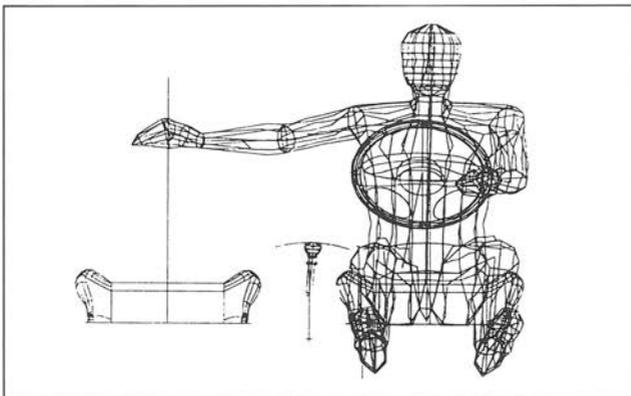


Abbildung 6:
Automatisches Greifen

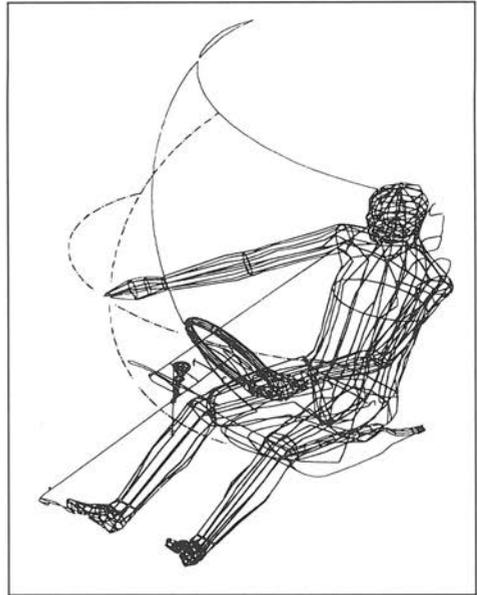
Computergestützte ergonomische Gestaltung

Der Konstrukteur beschreibt nur mehr die von RAMSIS zu lösende Aufgabe, indem er interaktiv Restriktionen definiert (z.B. Hände ans Lenkrad, Beine an die Pedalerie...). Aufwendige Zusatzbedingungen, wie z.B. das Vermeiden von Körperteildurchdringungen, werden ebenfalls berücksichtigt, heben damit die Analyseergebnisse auf ein neues Qualitätsniveau und öffnen so die Tür zu wesentlich verfeinerten Aussagen.

Ebenfalls völlig neu wurde ein Verfahren zur manuellen Einstellung von Körperhaltungen entwickelt. Dabei zeigt der Anwender die gewünschte Körperteilstellung mit Hilfe der Maus am Bildschirm an, was zu einer erheblichen Beschleunigung der Positionierung führt.

Eine Gruppe von Funktionen unterstützt die Analyse von Frei- und Erreichbarkeitsräumen von RAMSIS. Im einfachsten Fall können Abstände zwischen Modell und Umgebung bestimmt werden. Komplexere Funktionen gestatten die Bestimmung von maximalen Erreichbarkeitsflächen für beliebige, vom Konstrukteur vorwählbare Gelenkketten (Abbildung 7). Diese Grenzflächen werden unter Berücksichtigung der Modellkinematik wirklich berechnet und nicht in pauschaler Art und Weise (wie bei den meisten herkömmlichen Modellen) als Ellipsoid-Flächen gespeichert und eingeblendet.

Abbildung 7:
Erreichbarkeitsberechnung



Ein weiterer für den Konstrukteur wichtiger Analysepunkt stellt die Sichtsimulation dar. Der RAMSIS-Anwender kann sich in das Modell „hineinsetzen“ und die im CAD-System bereits konstruierte Umgebung mit den Augen des Modells betrachten. Die Umschaltmöglichkeit der Darstellung zwischen linkem und rechtem Auge erlaubt das genaue und vor allem sehr leichte Aufspüren gefährlicher Verdeckungen.

4 EDS als Beispiel für ein ergonomisches Bewertungsverfahren

4.1 Aufbau und Ziele des EDS

Auch das Ergonomische Datenbanksystem (EDS) konfrontiert den Konstrukteur und Arbeitsgestalter bereits in der Planungs- und Entwurfsphase und später auch während des Konstruktions- und Gestaltungsprozesses mit den wichtigsten ergonomischen Forderungen, die an die von ihm bearbeiteten Komponenten und deren Zusammenwirken in der Bearbeitung von Arbeitsaufgaben gestellt werden. Es stellt im Sinne der eingangs erwähnten Differenzierung von Konstruktionssystemen ein reines Datenbanksystem dar.

Ein wesentliches weiteres Ziel ist darin zu sehen, bei der Abnahme einer Einrichtung, eines technischen Gesamtsystems oder Einzelgerätes bzw. einer Einzelmaschine überprüfen zu können, ob und inwieweit ergonomische Vorgaben realisiert worden sind.

Für die Realisierung beider Ziele ist ein Instrumentarium erforderlich, welches in knapper Form die wesentlichen Einzelanforderungen übersichtlich zusammenfaßt. Allerdings muß ein derartiges Instrumentarium über eine Vielfalt an Merkmalen verfügen, die die Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben eines komplexen technischen Systems möglichst lückenlos zu erfassen gestattet.

In Abbildung 8 ist die Hauptmenü-Maske des EDS dargestellt.

HAUPTMENÜ Ergonomisches Datenbanksystem (EDS)	
Ergonomische Datensammlung Vorgaben für Auslegung Technischer Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben	Ergonomische Prüfung Überprüfung des Erfüllungsgrades ergonomischer Forderungen an Technische Komponenten, Umweltfaktoren, Aufgaben
Technische Komponenten	Erstellung des Protokoll-Vordrucks Berichterstellung
Umweltfaktoren	
Arbeitsaufgaben	Grafische Darstellung der Bewertungsprofile
Mensch - Maße / Kräfte / Belastung	
Bitte Menüpunkt wählen!	I Index F1 Hilfe Q Ende

Abbildung 8:
Hauptmenü des EDS

Computergestützte ergonomische Gestaltung

Wie aus Abbildung 8 hervorgeht, besteht das EDS aus zwei unterschiedlichen Modulen, die mit folgender Zielsetzung verbunden sind: ergonomische Datensammlung und ergonomische Prüfung.

Der Zugang zur Datensammlung oder zum Prüfverfahren ist mittels Menütechnik geführt.

EDS ist auf jedem IBM-kompatiblen PC mit einer Festplatte und mindestens 640 KB Arbeitsspeicher ohne spezielle Graphikkarten lauffähig. Der Benutzer wird mittels Menütechnik geführt. EDS ist soweit selbsterklärend, daß der Benutzer mit Standardbefehlen arbeiten kann und mit Hilfemasken unterstützt wird.

Die im EDS enthaltene Datensammlung umfaßt Anforderungen an Mensch-Maschine-Systeme in vier Gruppen:

- Technische Komponenten (10 Untermenüs; 1080 Einzelpositionen),
- Umweltfaktoren (5 Untermenüs; 142 Einzelpositionen),
- Arbeitsaufgaben (5 Untermenüs; 198 Einzelpositionen),
- Ergänzende Daten über
 - Körpermaße (10 Untermenüs; 108 Einzelmaße),
 - Körperkräfte (6 Untermenüs; 46 Kraftaufbringungs-fälle),

— Belastungsanalyse (3 Analyseverfahren).

Die meisten der bisher vorliegenden Datensammlungen orientieren sich an Checklisten, wie sie in zahlreichen Gebieten der Technik verwendet werden. Das hier vorgestellte Konzept einer Datensammlung — und das gilt gleichermaßen für das darauf aufbauende Prüfverfahren — weicht von dem Checklistenkonzept ab. Es stellt definierten Positionen bzw. Prüfpositionen Sollvorgaben gegenüber. Zwar lassen sich nicht alle ergonomischen Forderungen in Zahlenwerte umsetzen, aber auch verbal vorliegende Forderungen können für den Arbeitsgestalter oder Konstrukteur bedeutend sein (wie z.B. die Forderung, daß für die Dialoggestaltung zwischen Mensch und Rechner Hilfsfunktionen über eine Hilfetaste verfügbar sein sollten, die zusätzliche Nutzerführungsinformationen liefern). Im folgenden wird zunächst eine knappe Beschreibung der ergonomischen Datensammlung gegeben.

4.1.1 Technische Komponenten

Der Begriff „Technische Komponenten“ ist sehr breit gefaßt. Es kann sich hier sowohl um eine einzelne Taste in einem Tastenfeld als auch um eine Großkonsole handeln. Technische Komponenten sind

also im Sinne dieses Datenbanksystems alle Bauteile an der Schnittstelle zum menschlichen Benutzer. Technische Einrichtungen, die keine Schnittstelle zum Nutzer repräsentieren, sind demgemäß in der Regel nicht Gegenstand ergonomischer Betrachtung. Abbildung 9 gibt eine Übersicht über das Gliederungsprinzip für technische Komponenten in einzelne Komplexe.

In der nächst tiefer liegenden Ebene befinden sich entsprechende Merkmale

(Abbildung 10, siehe Seite 64). Nach Wahl eines konkreten Merkmals (z.B. Konsolen für sitzende Tätigkeit, siehe Menüpunkt C, Abbildung 10) erscheinen detaillierte Informationen in Form eines Informationsblattes auf dem Bildschirm (siehe Abbildung 11, Seite 64). Prinzipiell ist jedes Informationsblatt so aufgebaut, daß in einer Reihe von Positionen die ergonomischen Sollvorgaben qualitativ beschrieben oder mit Maß und Zahl gekennzeichnet sind.

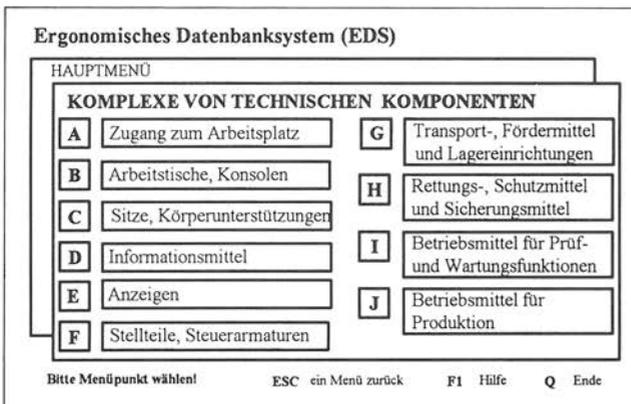


Abbildung 9:
Gliederung der Komplexe bzw. Prüfkomplexe für Technische Komponenten im EDS

Abbildung 10:
Gliederung des Merkmals bzw.
Prüfmerkmals „Arbeits-tische,
Konsolen“

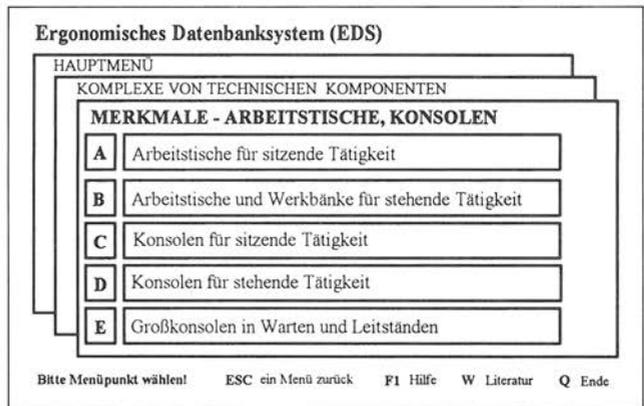


Abbildung 11:
Ausschnitt aus einem
Informationsblatt (Konsolen)
im EDS

KONSOLEN FÜR SITZENDE TÄTIGKEIT

Position	Soll - Vorgabe
1. Bauhöhe	≤ 1200 mm
2. Arbeitsplattenhöhe	≤ 750 mm
3. Arbeitsplattenhöhe mit integriertem Bedienfeld	≤ 760 mm
4. Tiefe (t) der Arbeitsplatte mit integriertem Bedienfeld für manuelle Prozeßführung	250 mm ≤ t ≤ 500 mm

↑↓ blättern F1 Hilfe F2 markieren F3 Markierung zeigen F5 Markierung drucken
ESC zurück F6 ganzes Blatt ausdrucken F9 Abkürzungen F10 EDITOR

4.1.2 Umweltfaktoren

In der Anforderungsgruppe Umweltfaktoren werden Forderungen und zulässige Grenzwerte zusammengefaßt, die auf Vorgaben des Gesetz- und Verordnungsgebers sowie Vorschriften

und Festlegungen in Normen und Regelwerken beruhen, soweit sich diese anerkannten ergonomischen Erkenntnissen nicht widersprechen. Abbildung 12 gibt eine Übersicht der im EDS zur Zeit enthaltenen Umweltfaktoren.

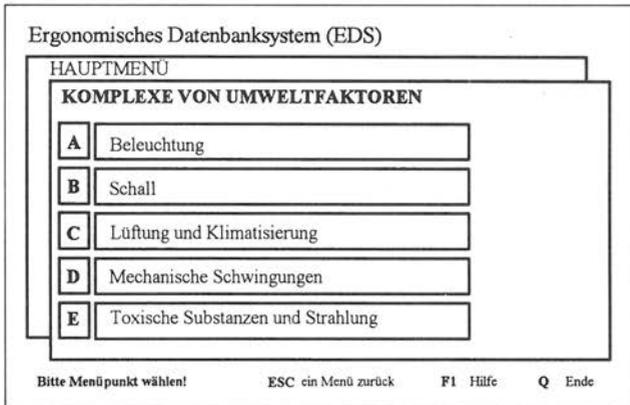


Abbildung 12:
Gliederung der Komplexe
bzw. Prüfkomplexe für
Umweltfaktoren im EDS

Die Menüs für Merkmale und Informationsblätter sowie die Hilfemasken sind ähnlich aufgebaut wie die für technische Komponenten.

4.1.3 Arbeitsaufgaben

In der dritten Gruppe des Datenbanksystems wurden aus dem breiten Spektrum unterschiedlicher Arbeitsaufgaben solche mit hohem Generalisierungsgrad ausgewählt. Die in den einzelnen Merkmalen enthaltenen Positionen kennzeichnen technisch-organisatorische Voraussetzungen für optimale Aufgabenerfüllung. Die Berücksichtigung der Sollvorgaben mag zwar spezifische Arbeiterschwerpunkte verhindern, sie stellt jedoch für

sich allein nicht sicher, daß der gesamte, hinter einer Arbeitsaufgabe stehende Arbeitsinhalt den arbeitenden Menschen weder über- noch unterfordert. Abbildung 13 (Seite 66) zeigt die Struktur der Gruppe Arbeitsaufgaben im EDS.

4.1.4 Daten über Maße und Kräfte des Menschen sowie Verfahren zur Belastungsanalyse

4.1.4.1 Daten über Maße und Kräfte des Menschen

Die Daten über Maße und Kräfte des Menschen haben bezüglich der zuvor genannten Kategorien einen ergänzenden Charakter. Sie geben weiterführende

Abbildung 13:
Gliederung der Komplexe
bzw. Prüfkomplexe für
Arbeitsaufgaben im EDS

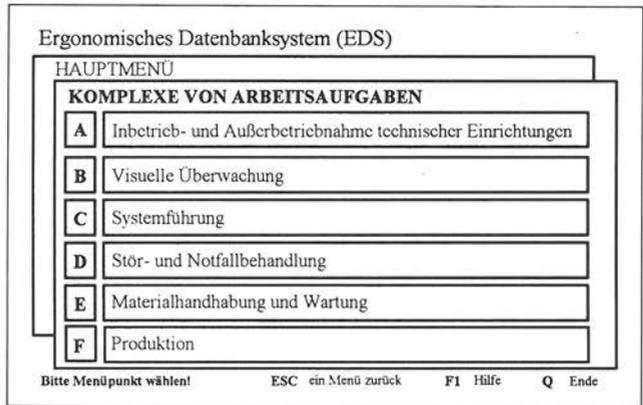
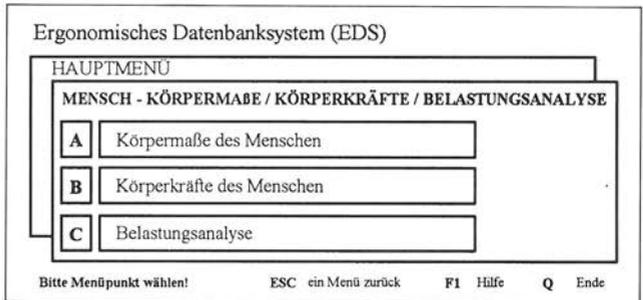


Abbildung 14:
Gliederung der Komplexe über
Daten des Menschen im EDS



Hinweise, die für die Auslegung von Technischen Komponenten bedeutend sein können. Allerdings ist bei der Benutzung der Kraftdaten zu beachten, daß es sich in allen Fällen um isometrische Maximalkräfte handelt. Maximalkräfte können dabei nur für ganz wenige Sekunden aufgebracht werden.

Innerhalb der Belastungsanalyse stehen z.Zt. drei Analyseverfahren zur Verfügung, nämlich solche für überwiegende Haltearbeiten, das Verfahren zur Ermittlung zulässiger Muskelbelastungen in Anlehnung an VDI und weiterhin das vergleichsweise restriktive Verfahren nach NIOSH.

Abbildung 15 zeigt das Gliederungsschema für den Komplex „Belastungsanalyse“, Abbildung 16 das Menü für die Auswahl der genannten drei Verfahren.

Die Tabellen mit den Körpermaßen sind wie folgt aufgebaut (Abbildung 17, siehe Seite 68):

□ In der ersten und zweiten Spalte ist die Nummer und die Benennung des jeweiligen Körpermaßes aufgeführt,

□ die nächsten sechs Spalten enthalten die Körpermaße für Männer und Frauen in Millimeter [mm], jeweils für das 5., 50. und 95. Perzentil,

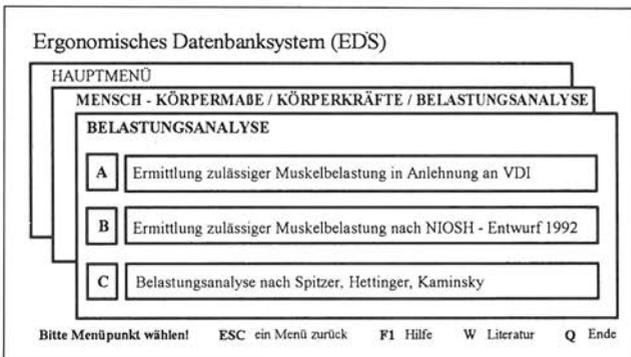


Abbildung 15:
Gliederung des Komplexes
Belastungsanalyse im EDS

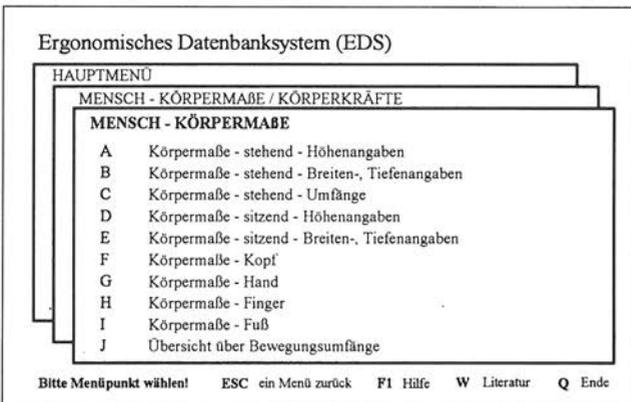


Abbildung 16:
Gliederung der Merkmale
für anthropometrische Daten
im EDS

Computergestützte ergonomische Gestaltung

□ die letzte Spalte gibt Verweise auf die Literaturquelle.

Die in den Tabellen enthaltenen Körpermaße des Menschen sind folgenden Quellen entnommen:

Das, B., Grady, R.M.: Industrial workplace layout design. An Application of engineering anthropometry. Ergonomics 5, 1983, S. 433 - 447

Flügel, B., Greil, H., Sommer, K.: Anthropometrischer Atlas. Grundlagen und Daten. Frankfurt/Main: Edition Wötzel, 1986

Handbuch der Ergonomie (HdE): Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (Hrsg.). München, Wien, S. 1975ff. Teil B-1 (Stand 1989)

DIN 33 402 Körpermaße des Menschen. Teil 2: Werte

Das gesammelte Material umfaßt 108 Einzelmaße.

Bei den in den Tabellen enthaltenen Daten über Körperkräfte (Abbildungen 18 und 19) handelt es sich um maximale isometrische Stellungskräfte des Menschen für gelegentliche Betätigung. Sie sind folgenden Quellen entnommen:

HdE (Handbuch der Ergonomie); die isometrischen Stellungskräfte an Stellteilen und Betriebsmitteln gelten für Frauen und Männer im Durchschnittsalter von ca. 25 Jahren.

HdA (Humanisierung des Arbeitslebens), Dokumentation Arbeitswissenschaft,

Abbildung 17:
Ausschnitt aus einem Informationsblatt über anthropometrische Daten im EDS

KÖRPERMAÙE DES MENSCHEN-STEHEND-HÖHENANGABEN [mm]								
Nr.	Benennung	männlich			weiblich			Quelle
		Perzentile						
		5	50	95	5	50	95	
1.	Körperhöhe Haltung: gestreckt	1629	1733	1841	1510	1619	1725	DIN
		1688	1809	1933	1525	1629	1737	HdE
		1662	1761	1863	1538	1632	1738	USA
2.	Augenhöhe	1509	1613	1721	1402	1502	1596	DIN
		1576	1686	1796	1422	1516	1614	HdE
		1600	1649	1748	1436	1535	1634	USA

↵ blättern F1 Hilfe F2 markieren F3 Markierung zeigen F5 Markierung drucken
 ESC zurück F6 ganzes Blatt ausdrucken F9 Abkürzungen F10 EDITOR

Ergonomisches Datenbanksystem (EDS)

HAUPTMENÜ	
MENSCH - KÖRPERMAßE / KÖRPERKRÄFTE	
MENSCH - KÖRPERKRÄFTE	
A	Kräfte an Betriebsmitteln
B	Hubkräfte an Griffen und Packstücken
C	Kräfte an Hebeln
D	Kräfte an Handrädern
E	Kräfte an Steuerhebeln, -hörnern und Handkurbeln
F	Kräfte und Drehmomente an Betriebsmitteln, Stellteilen und Werkzeugen
G	Kräfte und Drehmomente an Fingerstellteilen
H	Kräfte an Fußstellteilen

Bitte Menüpunkt wählen! ESC ein Menü zurück F1 Hilfe W Literatur Q Ende

Abbildung 18:
Gliederung der Merkmale
für Körperkräfte im EDS

KRÄFTE [N] AN BETRIEBSMITTELN

Nr.	Beschreibung der Kraftaufbringungsfälle (Maximale isometrische Stellungskräfte)	Perzentile					
		männlich			weiblich		
		5	10	50	5	10	50
1.	Druckkraft gegen Vertikalebene, stehend, einhändig, Kraftangriffshöhe 1500 mm	211	253	358	118	124	195
2.	Druckkraft gegen Vertikalebene, stehend, beidhändig, Kraftangriffshöhe 1350 mm (HdA)	311	349	521	137	157	259
3.	Druckkraft gegen Vertikalebene, kniend, beidhändig, Kraftangriffshöhe 500 mm			530			313

↑↓ blättern F1 Hilfe F2 markieren F3 Markierung zeigen F5 Markierung drucken
ESC zurück F6 ganzes Blatt ausdrucken F9 Abkürzungen F10 EDITOR

Abbildung 19:
Ausschnitt aus einem Infor-
mationsblatt über Körperkräfte
im EDS

Bd. 31: „Körperkräfte des Menschen“, die isometrischen Stellungskräfte für den manuellen Lastentransport (ein- und beidhändiges Heben, Schieben und Ziehen) gelten für die im gewerblichen Bereich

tätigen Frauen und Männer der Altersgruppe von 16 bis 60 Jahren.

Das gesammelte Material umfaßt insgesamt 46 Kraftaufbringungsfälle. Im Ge-

gensatz zu den Merkmalsblättern über Körpermaße werden für die Körperkräfte nur Werte für das 5., 10. und 50. Perzentil angegeben, da für die Arbeits- und Betriebsmittelgestaltung nur Hinweise auf die unteren Perzentilgruppen von Bedeutung sind.

4.1.4.2 Belastungsanalyse

Das auf die Arbeit von *Burand* aufbauende und vom VDI veröffentlichte Analyseverfahren ist primär für Tätigkeiten geeignet, bei denen Werkstücke, Arbeits- oder Betriebsmittel gehoben oder abgesenkt werden müssen. Obwohl die

Berechnungsalgorithmen auch bei reinen Umsetzarbeiten auf annähernd gleichem Höhengniveau zu Empfehlungen führen, so stehen doch zur Zeit keine Informationen darüber zur Verfügung, inwieweit diese Empfehlungen wissenschaftlich abgesichert sind. Abbildung 20 zeigt die Eingabemaske dieses Verfahrens.

Das in der internationalen Normungsarbeit zur Zeit in Diskussion befindliche NIOSH-Verfahren (Entwurf 1992) ist ähnlich wie das VDI-Verfahren vorwiegend für Tätigkeiten geeignet, bei denen Werkstücke, Arbeits- und Betriebsmittel gehoben oder abgesenkt werden müssen. Wie bereits an anderer Stelle

Abbildung 20:
Maske zur Eingabe von Daten
im VDI-Verfahren

Ergonomisches Datenbanksystem (EDS)

HAUPTMENÜ

MENSCH - KÖRPERMAÄßE/KÖRPERKRÄFTE BELASTUNGSANALYSE

ERMITTLUNG ZULÄSSIGER MUSKELBELASTUNG IN ANLEHNUNG AN VDI

Arbeitsplatz (Name, Bezeichnung) :	
Körpergröße (mit Schuhen) :	(cm)
Alter :	(Jahre)
Geschlecht :	(w=weiblich/m=männlich.)
Trainiertheit (Eignung) :	(s=schwach m=mittel/h=hoch)
Griffausgangshöhe :	(cm)
Griffendhöhe :	(cm)
Griffentfernung (vom Rumpf) :	(n=nah/m=mittel/w=weit)
Beurteilungszeit (t) :	(1, 4 oder 8 Std)
Häufigkeit in Beurteilungszeit (t) :	(Anzahl Kraftanstrengungen)
Haltezeit berücksichtigen? :	(j/n)
Zykluszeit (tz) :	(min)
Anspannungsdauer (ta) je tz :	(min)

$F(zul) = F(max) \cdot P1 \cdot P2 \cdot P3 \cdot T1 \cdot T2 \cdot T3$

blättern, eingeben! ESC ein Menü zurück F1 Hilfe F6 Ausdruck

erwähnt, ist das NIOSH-Verfahren sehr restriktiv und führt zu vergleichsweise niedrigen zulässigen Lastgewichten. Über die Zuverlässigkeit der wissenschaftlichen Grundlagen des NIOSH-Verfahrens können zur Zeit ebenfalls keine Aussagen gemacht werden. Die Eingabemaske dieses Verfahrens ist in Abbildung 21 dargestellt.

Das Analyseverfahren nach *Spitzer, Hettinger* und *Kaminsky* basiert demgegenüber auf Experimenten und bezieht sich auf die von den Autoren veröffentlichten sogenannten Gruppenbewertungstabellen. Hier werden zwei Parameter berücksichtigt, nämlich:

- die Körperstellung bzw. -bewegung und
- die Art der Arbeit.

Das Analyseverfahren nach *Spitzer, Hettinger* und *Kaminsky* ist nur anwendbar zur Ermittlung des Energieumsatzes bei dynamischer Beanspruchung größerer Muskelgruppen des Körpers. Für Haltearbeiten oder bei einseitiger Beanspruchung kleinerer Muskelgruppen ist dieses Analyseverfahren nicht geeignet. Es muß daher darauf hingewiesen werden, daß zuverlässige Daten über die arbeitsabhängige energetische Beanspruchung nur über Energieumsatz-

Ergonomisches Datenbanksystem (EDS)

HAUPTMENÜ

MENSCH - KÖRPERMAßE/KÖRPERKRÄFTE/BELASTUNGSANALYSE

ERMITTLUNG ZULÄSSIGER MUSKELBELASTUNG NACH NIOSH-Entwurf 1992

Arbeitsplatz (Name, Bezeichnung)	:	
Horizontale Griffentfernung am Startpunkt	:	(cm)
Horizontale Griffentfernung am Zielpunkt	:	(cm)
Vertikale Griffausgangshöhe	:	(cm)
Vertikale Griffendhöhe	:	(cm)
Hubhöhe (absolut)	:	(cm)
Arbeitszeit	:	(Stdn)
Hubfrequenz	:	(1/min)
Verdrehungswinkel (Start-Ziel)	:	(Grad)
Kopplungsart	:	(g="gut/m=mäßig/s=schlecht)

F = 230[N] * HM * VM * DM * AM * FM * CM

blättern, eingeben **ESC** ein Menü zurück **F1** Hilfe **F6** Ausdruck

Abbildung 21:
Maske zur Eingabe von Daten
im NIOSH-Verfahren

messungen am Arbeitsplatz gewonnen werden können.

Da sich in aller Regel ein Arbeitsvorgang aus einer Reihe verschiedener Tätigkeitselemente zusammensetzt, die unterschiedliche Körperstellungen oder -bewegungen erfordern und auch die einzelnen Muskelgruppen verschieden hoch beanspruchen, muß die Analyse für jedes einzelne Tätigkeitselement getrennt durchgeführt werden. Das rechnergestützte Analyseverfahren faßt die pro Tätigkeitselement ermittelten Energieumsatzwerte nach zeitlicher Gewichtung jedoch zu einem Arbeitsumsatzwert für die Gesamttätigkeit zusammen.

Abbildung 22 stellt die Eingabemaske für das Analyseverfahren nach *Spitzer*,

Hettinger und *Kaminsky* dar. Es verlangt die Daten im Energieumsatz-Verfahren. Dieser folgen weitere Masken für die Erfassung der Daten über Tätigkeitselemente und Art der Arbeit („im Sitzen“, „im Knien“ u.ä.).

4.2 Strukturen von Daten im EDS für das ergonomische Prüfverfahren

4.2.1 Ziele des Prüfverfahrens

Das ergonomische Prüfverfahren soll auf der Basis der zuvor beschriebenen Datensammlung eine Entscheidungshilfe bei der Beurteilung von Gestaltungsaufgaben für technische Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben bieten.

Abbildung 22:
Eingangsmaske zur Eingabe von Daten im Energieumsatz-Verfahren

Ergonomisches Datenbanksystem (EDS)

HAUPTMENÜ

MENSCH - KÖRPERMABE/KÖRPERKRÄFTE/BELASTUNGSANALYSE

BELASTUNGSANALYSE NACH SPITZER, HETTINGER, KAMINSKY

Das Analyseverfahren nach Spitzer, Hettinger, Kaminsky ist nur anwendbar zur Ermittlung des Energieumsatzes bei dynamischer Belastung größerer Muskelgruppen des Körpers. Für Haltearbeiten oder bei einseitiger Belastung kleinerer Muskelgruppen ist dieses Analyseverfahren nicht geeignet.

Arbeitsplatz (Name, Bezeichnung):
Abteilung Montage XYZ
KS 2000 Halle A1

Anzahl der Tätigkeitselemente : 4 (max.9)
Bewertungszeitraum (60 oder 480) : 60 (min)

* * *

blättern, eingeben! ESC ein Menü zurück F1 Hilfe F2 weiter, nächste

4.2.2 Aufbau und Struktur des Prüfverfahrens

Das nachfolgend dargestellte rechnergestützte Prüfverfahren kann, wie aus Abbildung 23 (Seite 74) ersichtlich, in mehrere Schritte zerlegt werden. Der Rechner unterstützt folgende Schritte:

- Auswahl der für eine konkrete Prüfungsaufgabe zutreffende Prüfposition aus dem Katalog von Prüfmerkmalen im Rahmen der Vorbereitung des Protokollvordrucks,
- Erstellung des Protokollvordrucks und notwendiger Meßprotokolle,
- Erstellung des Prüfberichts nach Eintragung der Ist-Feststellungen in den im Rechner gespeicherten Protokollvordruck,
- Zusammenstellung nicht erfüllter Prüfpositionen in Form einer Liste,
- grafische Darstellung nicht erfüllter Prüfpositionen hinsichtlich ihrer Bewertungsstufe, die sowohl manuell als auch automatisch erfolgen kann.

4.2.3 Durchführung und Auswertung der Prüfung

Der Einsatz des ergonomischen Prüfverfahrens für Technische Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben erfolgt in drei Stufen.

4.2.3.1 Erste Stufe des Prüfverfahrens: Vorbereitung des Protokollvordruckes

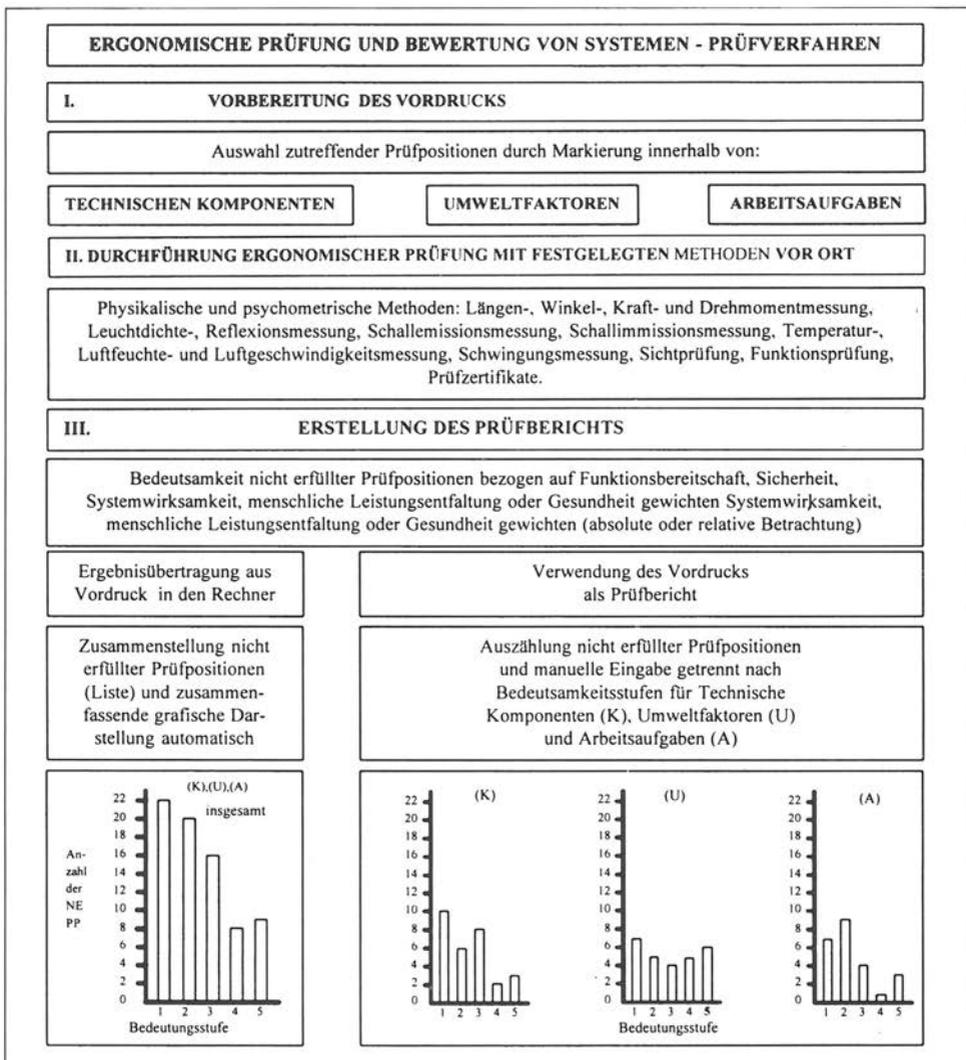
In einer ersten Stufe werden Prüfungsgrundlagen geschaffen. Das bedeutet, daß für jede zu prüfende Einheit — dies kann eine komplett installierte Konsole, ein Arbeitsplatz oder auch ein ganzer Leitstand sein — eine Zusammenstellung der relevanten Prüfmerkmale und der dazu gehörenden und zutreffenden Prüfpositionen erfolgt. Es muß darauf geachtet werden, daß das Protokoll nicht zu umfangreich wird, da sonst der Überblick verlorengeht. Abbildung 24 (siehe Seite 75) zeigt das Hauptmenü für die Erstellung des Protokollvordrucks im EDS.

4.2.3.2 Zweite Stufe des Prüfverfahrens: Durchführung der ergonomischen Prüfung mit festgelegten Methoden vor Ort

In der zweiten Stufe wird die ergonomische Prüfung am Prüfungsort mit den im Protokollvordruck festgelegten Methoden durchgeführt.

Sofern schon in der zweiten Stufe des Prüfverfahrens, d.h. während der Ist-Feststellung eine Gewichtung der nicht erfüllten Prüfpositionen durch den Prüfer oder ein Prüfungsgremium erfolgt, ist folgendes zu beachten:

Abbildung 23:
Ablaufschema für die ergonomische Prüfung



Ergonomisches Datenbanksystem (EDS)

HAUPTMENÜ ERSTELLUNG PROTOKOLL/BERICHT	
D atenname für <input type="text" value="Neu.BER"/>	Umfang der Datei: 1 Seite(n) und 5 Zeile(n)
Protokoll/Bericht	
<input type="text" value="Technische Komponenten"/>	<input type="text" value="Bericht ABSCHLUSS"/>
<input type="text" value="Umweltfaktoren"/>	<input type="text" value="Liste nicht erfüllter Positionen"/>
<input type="text" value="Arbeitsaufgaben"/>	<input type="text" value="Grafische Darstellung"/>
<input type="text" value="Maßprotokolle"/>	<input type="text" value="Tabelle mit Bedeutungsstufen"/>
<input type="text" value="Editieren (Prüfbericht sehen, Ergebnisse eintragen, verändern, drucken)"/>	
Bitte Menüpunkt wählen! I Index ESC ein Menü zurück FI Hilfe Q Ende	

Abbildung 24:
Hauptmenü für die Erstellung
des Protokollvordrucks im EDS

Die Gewichtung einer definierten Prüfposition gilt in der Regel immer nur für einen bestimmten Prüfgegenstand. So kann zum Beispiel die Forderung nach Einrichtungen zum Lampentest für Kontrollleuchten an einem Radiogerät nur einen geringen Stellenwert für die Funktionsbereitschaft des Gerätes haben. Die gleiche Einrichtung bekommt jedoch hohe Priorität, wenn mit ihr das Funktionieren der Kontrollleuchte für die Bremsflüssigkeit oder die Bremsbeläge an einem Kraftfahrzeug zu überprüfen ist.

Die Gewichtung von Prüfpositionen setzt genaue Kenntnisse über Funktion und Zweck des Prüfgegenstandes und mög-

liche Rückwirkungen auf den Menschen voraus. Dennoch bleibt jede Gewichtung ein subjektiver Vorgang, in den persönliche Erfahrungen, Interessen und auch Vorurteile einfließen können. Fehler lassen sich vermindern, wenn die Gewichtung durch eine Expertengruppe erfolgt. Darüber hinaus kann es — in Analogie zur analytischen Arbeitsbewertung — hilfreich sein, wenn sich Prüfinstitutionen einen Katalog von Richtbeispielen für eine Gewichtung derjenigen Prüfpositionen anlegen, die mit größerer Häufigkeit bei ergonomischen Prüfungen vorkommen. Für die Gewichtungsstufung existieren keine bindenden Regeln. Empfehlenswert ist die vertraute Fünferskala.

Die Stufenbeschreibungen für Technische Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben unterscheiden sich dabei. Die Mängel an Konzeption und Gestaltung von Umweltfaktoren haben vielfach einen engen Bezug zur menschlichen Leistungsentfaltung und zur gesundheitlichen Beeinträchtigung (z.B. können unzureichend dimensionierte Konsolensitze ermüdende Zwangshaltungen des Nutzers zur Folge haben; längere Einwirkungen stoßhaltiger mechanischer Schwingungen oder energiereicher Strahlung bestimmter Intensität gefährden dagegen die Gesundheit). Während also in einem Fall die Nichterfüllung ergonomischer Forderungen Unbequemlichkeiten bewirkt, an die man sich aber unter Umständen mehr oder weniger erfolgreich anzupassen vermag, sind solche im anderen Fall schlicht gefährlich.

4.2.3.3 Dritte Stufe des Prüfverfahrens: Erstellung des Prüfberichts

In der dritten Stufe wird der Prüfbericht mit Rechnerunterstützung erstellt. In diesem Fall müssen alle am Prüfort erhobenen Ergebnisse, einschließlich der nichterfüllten Positionen, aus dem Protokoll in den Rechner übertragen werden. Mit der Zusammenstellung aller nicht erfüllten Prüfpositionen und der grafischen Darstellung wird die ergonomische Prüfung abgeschlossen.

5 Schlußbemerkung

Die Beschreibung des EDS-Systems zeigt, daß eine scharfe Trennung zwischen Prüfverfahren und Konstruktionsverfahren nicht möglich ist. Dies zeigt auch eine genauere Betrachtung von RAMSIS, einem Programm, das man natürlich auch zur ergonomischen Prüfung eines vorhandenen Arbeitsplatzes heranziehen kann. Dennoch zeigt der Vergleich dieser Systeme das unterschiedliche Gewicht der Anwendung: Im Falle von RAMSIS liegt dieses mehr bei der Konstruktion, indem sozusagen ein „genormtes Kollektiv“ zur Verfügung gestellt wird. EDS liefert demgegenüber die entsprechenden ergonomischen Daten nicht in dieser unmittelbaren kontextbezogenen Form, wie es für die Erstellung einer Konstruktion vorteilhaft ist; dafür umfaßt es im Gegensatz zu RAMSIS eine größere Anzahl ergonomischer Kriterien und bietet zudem Bewertungskategorien. Eine zukünftige Entwicklung wird demnach darin bestehen, Systeme zu entwickeln, die beide Anwendungsmöglichkeiten in sich in optimierter Form vereinigen.

Ergänzende Anmerkung

Das Ingenieurbüro für Ergonomie,
Prof. Dr. H. Schmidtke, Waldstraße 12,

85579 Neubiberg, Fax: 0 89/
2 89 22 58, teilte dem BIA im September 1996 mit, daß eine neue Version EDS 3.0 unter Windows vorliegt. Diese Version baut auf eine professionelle Datenbank auf. Datenbank-Lizenzgebühren fallen für Kunden nicht an. Für den Benutzer von EDS 3.0 besteht somit keine Notwendigkeit, über ein eigenes Datenbank-System zu verfügen.

Die Version 3.0 nutzt die Windows-Oberfläche und zeigt damit gegenüber der früheren DOS-Version eine sehr viel größere Benutzerfreundlichkeit. Das EDS enthält im Basismodul 146 Datenblätter mit insgesamt 1496 Positionen und den dazugehörigen Soll-Vorgaben.

Zugleich wurde das EDS um ein Beratungsmodul erweitert, in welchem für bisher sechs typische Anwendungsfelder die wichtigsten ergonomischen Anforderungen übersichtlich zusammengefaßt sind. Dieses Beratungsmodul umfaßt 176 Datenblätter, die jedoch zum Teil dem Basismodul entnommen und tätigkeitsspezifisch ergänzt wurden. Dieses Modul enthält 1764 Positionen mit den dazugehörigen Soll-Vorgaben.

Weiterhin finden sich im „Mensch-Modul“ in 25 Datenblättern (und 255 Positionen) Informationen über Körpermaße, Körperkräfte und Bewegungsumfänge. Drei Verfahren zur Belastungs-

analyse erlauben es, die am Arbeitsplatz zulässige Belastung und Beanspruchung der Mitarbeiter bei körperlicher Arbeit abzuschätzen.

Eine wichtige Neuerung besteht sowohl im Basismodul als auch im Beratungsmodul darin, daß über die Auswahl eines von 203 bzw. 140 Suchbegriffen die im Datenbanksystem gespeicherten Informationen zu diesen Suchbegriffen direkt, und ohne in die einzelnen Module einzusteigen, aufgerufen werden können.

Schließlich können mehr als 400 Begriffsdefinitionen aus dem Bereich Arbeitswissenschaft/Ergonomie und über 600 Literaturstellen, geordnet sowohl nach den Anwendungsgebieten als auch nach der Literaturart (Bücher, Normen, Richtlinien usw.), abgerufen werden.

Literaturverzeichnis

[1] *Bullinger, H.-J.* (Hrsg.): Ergonomie; Produkt- und Arbeitsgestaltung, Teubner, Stuttgart 1994

[2] *Jastrzebska-Fraczek, I., Schmidke, H.:* EDS — Ein ergonomisches Datenbanksystem mit rechnergestütztem Prüfverfahren. Zeitschrift für Arbeits-

wissenschaft: 46 (18NF), 1992, Nr. 1, S. 41 - 50

[3] *Jastrzebska-Fraczek, I., Schmidtke H.:* Praktische Anwendung des Ergonomischen Datenbanksystems mit rechnergestütztem Prüfverfahren (EDS) — Erweiterungen und Perspektiven. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft: 48 (20NF), 1994, Nr. 4, S. 253 - 255

[4] *Krüger, H., Bubb, H., Schmidtke, H., Speyer, H.:* Ergonomie im Fahrzeuginnenraum — rechnergestützte Insassensimulation auf der Basis mathematischer Modelle und aktueller ergonomischer Daten. VDI-Bericht 816: Berechnung im Automobilbau, S. 459 - 468. VDI-Verlag Düsseldorf

[5] *Krüger, H., Speyer, H.:* Körpergerechte Sitz- und Arbeitsplatzgestaltung — Das CAD-Werkzeug RAMSIS. Technologie & Management, 1990, Nr. 1, S. 23 - 29

[6] *Luczak, H.:* Arbeitswissenschaft. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1993

[7] *Schmidtke, H. (Hrsg.):* Ergonomie. Hanser, München, Wien 1993

[8] *Schmidtke, H., Jastrzebska-Fraczek, I.:* EDS — Ein ergonomisches Daten-system mit rechnergestütztem Prüfverfahren. Anwenderhandbuch, Version 2.0, Neubiberg 1994

[9] *Seidl, A.:* System zur dreidimensionalen berührungslosen Haltungsanalyse des Menschen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Köln 1992, Nr. 1, 46, S. 27 - 34

[10] *Seidl, A., Speyer, H. u.a.:* RAMSIS: 3D-Menschmodell und integriertes Konzept zur Erhebung und konstruktiven Nutzung von Ergonomiedaten. VDI-Bericht 948: Das Mensch-Maschine-System im Verkehr, S. 297 - 309. VDI-Verlag Düsseldorf 1992

Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen in Bahnen und Bussen des öffentlichen Nahverkehrs

Jörg Weymann, Hamburg, und Wolfgang Pfeiffer, Sankt Augustin

Die Belastungen von Fahrdienstmitarbeitern beim Führen von Bussen und Bahnen im öffentlichen Personen- und Nahverkehr haben in der Vergangenheit durch eine veränderte Arbeitsaufgabe und ein sich veränderndes Arbeitsumfeld zugenommen. Im Durchschnitt wird eine vorzeitige Fahrdienstuntauglichkeit schon nach ca. 21 Dienstjahren im Lebensalter von 51 Jahren durch die Betriebsärzte festgestellt. Für die Fahrdienstuntauglichkeit der Mitarbeiter gibt es unterschiedliche Gründe; die nach ergonomischen und arbeitswissenschaftlichen Kriterien zum Teil unbefriedigende Gestaltung der Fahrerarbeitsplätze trägt sicher mit zur Fahrdienstuntauglichkeit bei.

Die Berufsgenossenschaft der Straßen-, U-Bahnen und Eisenbahnen hatte deshalb beschlossen, ein Forschungsvorhaben durchzuführen, das sich mit der technisch-ergonomischen Gestaltung der Fahrerarbeitsplätze beschäftigt. Damit sollte ein Beitrag zur Minderung der Gefährdungen und Belastungen des Fahrdienstes geleistet werden, die sich aus der Beschaffenheit des Fahrerarbeitsplatzes in Bahnen und Bussen ergeben. Hier wurde auch berücksichtigt, daß mit der Beschaffung von neuen Fahrzeugen das Arbeitsumfeld der Fahrdienstmitarbeiter für eine längere Zukunft festgeschrieben wird.

Das Forschungsvorhaben war in zwei Teilprojekte gegliedert, deren Ziele etwas unterschiedlich gewählt wurden. Beim Teilprojekt „Fahrerarbeitsplatz Bus“ war es das Ziel, einen Standard-Fahrerarbeitsplatz zu entwickeln. Dieser nach arbeitswissenschaftlichen und ergonomischen Kriterien gestaltete Fahrerplatz sollte als Standard für die kommende Busgeneration akzeptiert werden.

Beim Teilprojekt „Fahrerarbeitsplatz Straßen-, Stadtbahn“ ist es wegen der unterschiedlichen Arbeitsaufgabe und den verschiedenen technischen Randbedingungen in den Betrieben kaum möglich, einen Standard-Arbeitsplatz für alle Bahnen zu entwickeln. Deshalb sollten für den Fahrerarbeitsplatz in Bahnen Grundanforderungen erarbeitet werden, nach denen die Betriebe in Zusammenarbeit mit den Betriebsvertretungen und den Fahrzeugherstellern den fahrzeugspezifischen Fahrerarbeitsplatz gestalten können. Ziele und Projektgrundsätze für die Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen in Bussen und Bahnen des öffentlichen Nahverkehrs wurden daher wie folgt abgestimmt:

Bus: Entwicklung eines Fahrerarbeitsplatzes als Standard für Niederflurbusse

Bahn: Erarbeitung von Grundforderungen an die Gestaltung der Fahrerarbeitsplätze in Niederflur-Straßenbahnen

Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen in Bahnen und Bussen des öffentlichen Nahverkehrs

Dabei:

- Zusammenarbeit mit den Verkehrsunternehmen und Fahrern, um die Erfahrungen und Wünsche der Benutzer zu berücksichtigen
- Zusammenarbeit mit den Fahrzeugherstellern, um die technische Umsetzung sicherzustellen
- Festschreibung der Ergebnisse in normativen Regelungen (DIN, BG, VDV)

Für die Berufsgenossenschaft war es sehr wichtig, daß dieses Forschungsvorhaben in einer interdisziplinären Zusammenarbeit aller Betroffenen bearbeitet wurde. Es sind deshalb sowohl die Fahrzeughersteller wie auch die Verkehrsunternehmen und wissenschaftliche Institute beteiligt worden, um ein optimales Arbeitsergebnis zu erzielen.

Beispiel für Ausgangsparameter:

- Größenspektrum der zu berücksichtigenden Personen: von 1,58 m bis 2 m mit unterschiedlichen Körperproportionen
- Sitzposition mit Abwinkelungen im Komfortbereich

Zum Einsatz kamen CAD-Programme mit RAMSIS oder ANTHROPOS

Im ersten Schritt des Forschungsprojektes wurden zunächst die Belastungen im Fahrdienst im einzelnen erfaßt. Dazu wurden vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit — BIA Mes-

sungen von Klimawerten, Lärm, Schwingungen und Schadstoffen durchgeführt und in einer detaillierten Analyse die genauen Tätigkeitsmerkmale erfaßt. Darüber hinaus fanden Befragungen und Fachseminare statt, in denen die Betroffenen im einzelnen ihre Erfahrungen weitergeben konnten.

Darauf aufbauend wurde von den wissenschaftlichen Instituten ein Lastenheft erstellt. Das Lastenheft wurde mit den Verkehrsunternehmen und den Fahrzeugherstellern diskutiert, um die technische Umsetzung der theoretischen Vorgaben sicherzustellen.

Im Teilprojekt „Fahrerarbeitsplatz Bus“ wurde dann ein Versuchsträger erstellt, an dem die vorläufigen Ergebnisse durch Fahrerbefragungen und Fahrtversuche überprüft werden konnten. Nach einer Überarbeitung des Lastenheftes aufgrund dieser Messungen und Erprobungen des Versuchsträgers wurden von allen Fahrzeugherstellern Prototypen mit dem neu gestalteten Fahrerarbeitsplatz hergestellt. Diese Prototypen werden zur Zeit in Verkehrsbetrieben erprobt.

Im Teilprojekt „Fahrerarbeitsplatz Bahn“ war das Vorgehen nach der Erstellung des Lastenheftes etwas anders. Hier ist zwar auch ein Modell gebaut worden, jedoch wurden für die weitere Diskussion und Veränderungen am Modell nur die

Mitarbeiter beteiligt, in deren Verkehrsunternehmen die Bahn später auch eingesetzt wird.

Fahrerkabine — mehr Bewegungsfreiheit

Grundlage für die Auslegung des Fahrerarbeitsplatzes, und das gilt hier für Bahn und Bus, sind die Körpermaße der Benutzer. Der neue Fahrerarbeitsplatz ist so ausgelegt, daß Fahrer/Fahrerinnen mit einer Körperlänge von 1,58 m als kleinste Person bis 2 m als größte Person eine gesunde Körperhaltung einnehmen können. Dabei werden unterschiedliche Körperproportionen berücksichtigt (siehe Abbildung 1, Seite 82).

Um realitätsnah die Körperhaltung von Personen unterschiedlicher Größe und Proportion zu ermitteln und hinsichtlich Gesundheit und Komfort bewerten zu können, wurden für die räumliche Auslegung der Fahrerarbeitsplätze dreidimensionale CAD-Programme eingesetzt. Dies waren beim „Fahrerarbeitsplatz Bus“ das CAD-Programm RAMSIS bzw. beim „Fahrerarbeitsplatz Bahn“ das CAD-Modell ANTHROPOS (siehe Abbildung 2, Seite 83).

Fahrersitz — optimal angepaßt

Bei Beanstandungen der Fahrdienstmitarbeiter am Fahrerarbeitsplatz steht

immer wieder der Fahrersitz im Mittelpunkt der Kritik. Zwar wird eine große Auswahl technisch aufwendiger Fahrersitze angeboten; dem Betreiber fehlen aber Informationen, welche Sitze jeweils geeignet sind.

Die Schwingungsmessungen an den Fahrzeugen hatten gezeigt, daß die Schwingungsdämpfung nicht optimal auf das Schwingungsverhalten der Fahrzeuge angepaßt ist. Bei den Bahnen stellte sich die Situation sogar so dar, daß durch die Schwingungseigenschaften der Sitze die Fahrzeugschwingungen nicht unerheblich verstärkt wurden. Bei den Bahnen spielen außerdem die Querschwingungen eine relativ große Rolle, die beim Bus zu vernachlässigen sind.

Für die Bereitstellung schwingungsoptimierter Sitze wurden die Sitzhersteller vom BIA bei der Optimierung der Schwingensysteme beraten. Hier ist zu erwarten, daß die Sitzhersteller die angebotenen Sitze für Busse auf das Schwingungsverhalten anpassen können, so daß die Schwingungseinwirkungen auf die Fahrer/Fahrerinnen erheblich vermindert werden können.

Die Schwingungseinwirkung auf Fahrer ist bei Bahnen durch das andere Fahrzeugschwingungsverhalten sehr viel geringer als bei Bussen. Es ist daher günstiger, hier auf ein Schwingensystem ganz zu verzichten.

Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen in Bahnen und Bussen des öffentlichen Nahverkehrs

Platzbedarf für Straßenbahnfahrer

Körperhöhe von 1575 mm bis 2000 mm (in Klammern für 1950 mm)
Linke Armhaltung für Betätigung des Befehlsgebers gleich Maßstab
1:10 (synoptische Darstellung)

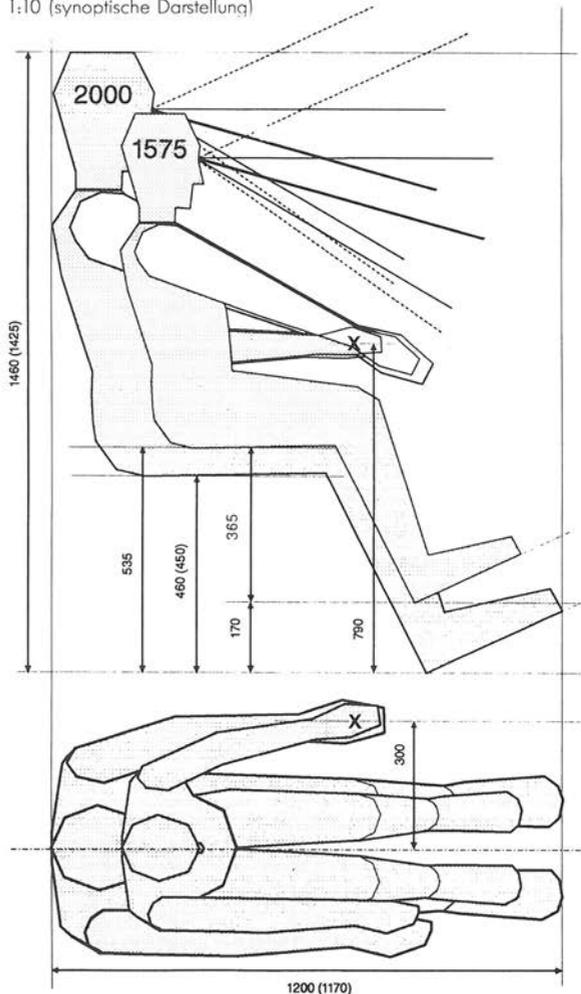
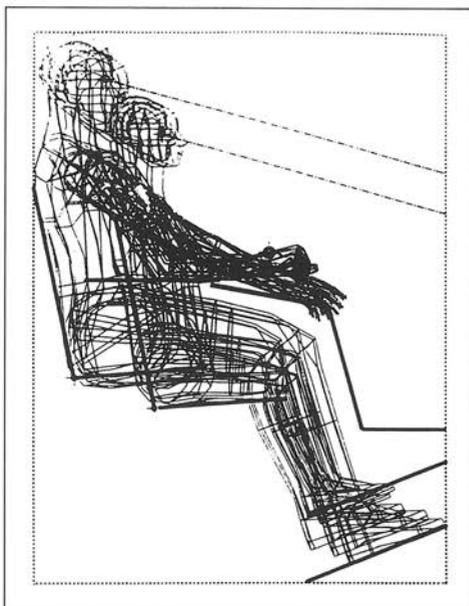


Abbildung 1:
Körperpositionen unterschiedlicher Personentypen an Straßenbahn-Fahrerplatz (große/kleine Personen; lange/kurze Beine; lange/kurze Arme)

Abbildung 2:
Beispiel für die Umsetzung von Körpermaßen
durch dreidimensionale CAD-Programme



Instrumententräger — nur so viel Information wie notwendig

Die Anzahl der Instrumente und Kontrollleuchten sowohl im Bus wie auch in den Bahnen hat im Vergleich zu früher infolge der Entwicklung der Fahrzeugtechnik zugenommen. Es ist festzustellen, daß eine unsystematische, räumlich verteilte Anordnung eine rasche Informationsaufnahme behindert.

Als Lösung für diese Probleme wird beim Standard-Fahrer Arbeitsplatz Bus im neu gestalteten Instrumententräger ein zentrales grafikfähiges Multifunktionsdisplay mit Flüssigkristallanzeige eingesetzt. Es ersetzt beim Bus alle Anzeigen außer dem vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Tachometer und den Kontrolleuchten für Fernlicht, Nebelschlußleuchten und Fahrtrichtungsanzeiger. Im Störfall werden auf dem Display ein grafisches Symbol, eine Kurzbeschreibung der Störung und eine kurze Handlungsanleitung angezeigt, so daß der Fahrer gezielt Maßnahmen ergreifen kann (siehe Abbildung 3, Seite 84).

Eine Analyse der Funktionsabläufe ergab, daß die Anzahl der Schalter und Taster auf dem Instrumententräger reduziert werden kann. Eine Ordnung nach Funktionsgruppen und eine unterschiedliche Gestaltung der Schalter erleichtert das Betätigen des richtigen Schalters ohne Sichtkontrolle. Beim „Fahrer Arbeitsplatz Bus“ wurde deshalb ein völlig neu gestalteter Instrumententräger entwickelt.

Beim „Fahrer Arbeitsplatz Bahn“ werden nur Grundanforderungen für die Gestaltung des Instrumententrägers angegeben. Deshalb wurden hier Kriterien entwickelt, nach denen geeignete Schalter ausgewählt werden können und wie diese auf dem Armaturenbrett anzuordnen sind. Die konkrete Gestaltung des Armaturen-

Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen in Bahnen und Bussen des öffentlichen Nahverkehrs

träger muß dann der Verkehrsbetrieb in
Zusammenarbeit mit dem Fahrzeugh-

steller selber nach diesen Grundsätzen
vornehmen (siehe Abbildung 4).

Abbildung 3:
Instrumententafel: Anordnung
der Betätigungs-, Kontroll- und
Informationselemente sowie
der Lüftungsbereiche

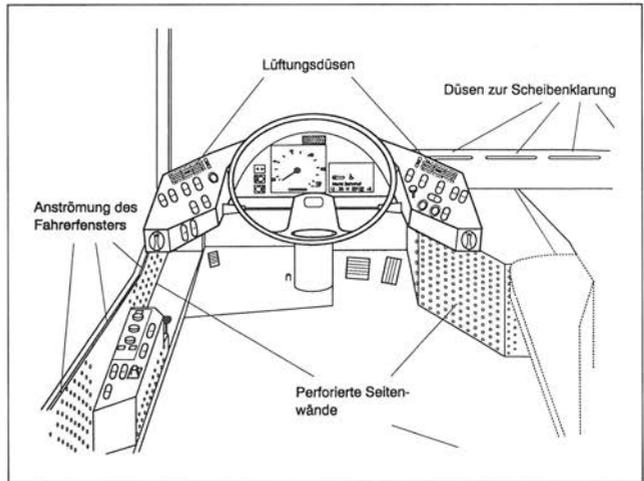
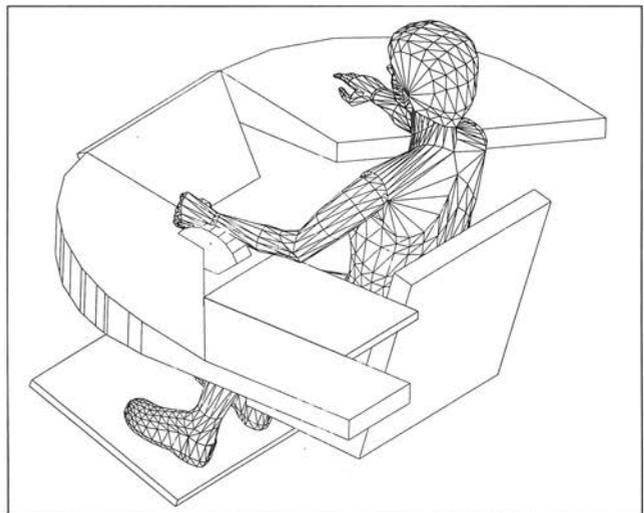


Abbildung 4:
Beispiel für die Vorgabe
zur Gestaltung
des Armaturenrägers



Ausblick

Das gesamte Forschungsvorhaben ist mit seinen beiden Teilbereichen Ende 1995 abgeschlossen worden. Mit der Präsentation von Fahrzeugprototypen anlässlich einer Jahrestagung des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) 1995 in München sind die Ergebnisse der Öffentlichkeit präsentiert worden.

Die am Projekt beteiligten Bushersteller beabsichtigen, mit der Serienfertigung des neuen Fahrerarbeitsplatzes zu beginnen. Es ist vorgesehen, die Anforderungen des Lastenheftes zügig in Regeln der Technik umzusetzen, auf die sich Verkehrsunternehmen bei Fahrzeugausschreibungen beziehen können.

Im Teilbereich Bahn sind die erarbeiteten Grundanforderungen bei mehreren neuen Fahrzeugserien berücksichtigt worden.

Dabei hat sich auch in der Praxis gezeigt, daß die theoretischen Vorgaben als Grundanforderungen in den Diskussionen der Verkehrsunternehmen mit den Fahrzeugherstellern verwendet werden können.

Parallel dazu sind in DIN-Normungsvorhaben, die sich mit der Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen in Bahnen beschäftigen, diese Ergebnisse eingebracht worden. 1995 wurde hier ein Gelbdruck für eine Norm erarbeitet, die diese Grundanforderungen berücksichtigt.

Vor dem Hintergrund des EU-Binnenmarktes erscheint es auch sinnvoll, in einer europäischen Norm Anforderungen für die Gestaltung von Fahrerarbeitsplätzen europaweit einheitlich festzulegen. Dies wird der nächste Schritt sein, um den sich die Berufsgenossenschaft bemüht.

Grundsätze ergonomischer Anforderungen nach DIN EN 614-1

Wolfgang Andler, Mannheim

In der Maschinenrichtlinie 89/392/EWG wird unter Punkt 1.1.2 d „Grundsätze für die Integration der Sicherheit“ gefordert, daß bei bestimmungsgemäßer Verwendung die Belästigung, die Ermüdung und der Streß auf ein Mindestmaß zu reduzieren sind. In der A-Norm EN 292-1 wird unter 4.9 „Gefährdung durch Vernachlässigung ergonomischer Prinzipien in der Maschinengestaltung“ auf

- biomechanische Wirkungen, resultierend aus schlechter Haltung, übermäßiger und häufiger Körperanstrengung usw.,
 - physiologische Wirkungen, resultierend aus mentaler Über- bzw. Unterbelastung, Streß usw.,
 - menschliches Fehlverhalten
- hingewiesen.

Im Teil 2 der EN 292 in der überarbeiteten Fassung von Juni 1995 werden unter Punkt 3.6 „Beachtung ergonomischer Grundsätze“ unter anderem folgende ergonomische Sachverhalte angesprochen:

- Körperhaltungen und Bewegungen,
- Kräfteanforderung,
- Emissionen wie Lärm, Vibration, Hitze, Kälte, Strahlung usw.,
- Arbeitsrhythmus,
- Beleuchtung,

- Gestaltung von Stellteilen und Anzeigen.

Da es keinen genormten Menschen gibt, ist es eine wichtige Aufgabe des Konstrukteurs, neben der Funktion der Maschine auch optimierte Arbeitsplätze zu gewährleisten.

Die B1-Norm 614-1 „Sicherheit von Maschinen, ergonomische Gestaltungsgrundsätze; Terminologie und allgemeine Leitsätze“ wurde von CEN/TC.../WG 2 unter Mandat erarbeitet.

Ergonomisch gestaltete Arbeitsplätze erhöhen Sicherheit und Effizienz. Sie verbessern die Arbeits- und Lebensbedingungen der Menschen und wirken negativen Auswirkungen auf Arbeit und Gesundheit entgegen. Eine gute ergonomische Gestaltung beginnt mit dem Operator und berücksichtigt die Art der Wechselwirkungen zwischen ihm und den Betriebsmitteln und die Art und Weise, wie diese in das gesamte Arbeitssystem hineinpassen. Dies ist besonders wichtig, wenn die Arbeitsmittel von anderen Systemkomponenten wechselweise abhängig sind.

Folgende ergonomische Hauptpunkte sollten bei der Konstruktion von technischen Arbeitsmitteln berücksichtigt werden:

Grundsätze ergonomischer Anforderungen nach DIN EN 614-1

Physische Faktoren, Anthropometrie

Körpermaße (statisch und dynamisch) sind der zu erwartenden Benutzergruppe anzupassen.

Körperhaltung und -bewegung

Die Körperhaltung bei der Arbeit darf keine schädlichen Auswirkungen auf Muskel, Gelenke und Kreislauf haben.

Biomechanik

Die vom Operator bei der Bedienung des Arbeitsmittels aufzuwendende Körperkraft sollte ein akzeptables Maß nicht überschreiten. Die Belastung ist abhängig von Körpergewicht und -maßen des Operators, Gewichtsverteilung und den Positionen des zu bearbeitenden Gegenstandes sowie der Dauer und Häufigkeit der Kraftanwendung.

Kognitive Faktoren

Die geistigen und sensorischen Fähigkeiten sowie die Informationsverarbeitung sind zu beachten.

Gestaltung von Anzeigen, Signalen und Stellteilen

Anzeigen und Signale sind so zu gestalten, auszuwählen und auszulegen, daß

sie der menschlichen Wahrnehmung und Erfassung sowie den zu erfüllenden Aufgaben angepaßt sind. Die Stellteile und ihre Funktion sollen so konzipiert, ausgewählt und ausgelegt sein, daß sie den physiologischen Merkmalen der sie betätigenden Körperteile angepaßt sind.

Emissionen des technischen Arbeitsmittels

Die Auswirkungen dieser Emissionen wie z.B. Lärm, Vibrationen, Hitze, Kälte, Beleuchtung, gefährliche Arbeitsstoffe und Strahlung sind zu berücksichtigen.

Einbeziehung ergonomischer Grundsätze in den Gestaltungsprozeß

Grundlegende Aufgaben wie Zielsetzung, Festlegung der Anforderungen und Bewertung sind Bestandteile dieses Prozesses, wobei menschliche und konstruktive Faktoren zu berücksichtigen sind.

Hierfür ist eine Aufgabenanalyse erforderlich, um die verschiedenen Aufgaben zwischen Operator und Arbeitsmittel zu ermitteln und festzulegen. In den einzelnen Entwurfsstadien ist je eine Bewertung durchzuführen, wobei die Operatoren mit einbezogen werden sollten.

In dieser Norm werden keine quantitativen Daten angegeben, da diese in gesonderten Ergonomie-Normen erarbeitet werden, wie z.B. anthropometrische Daten, Grenzwerte beim Heben und Tragen, Klimawerte usw.

Die Norm 614-1 soll dem Designer als Checkliste dienen, damit er bei der Konstruktion die Einhaltung aller für seine technischen Arbeitsmittel erforderlichen Grundsätze überprüfen kann.

Aktivitäten der Fachstelle Ergonomie der Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft und Maschinenbau und Metall-Berufsgenossenschaft

Heinz Rüschemschmidt, Dortmund

Die anlässlich des Fachgespräches „Ergonomie“ gehaltenen Vorträge zeigen, daß es einen weiten Bereich von Problemlösungsmöglichkeiten auf dem Gebiet der Ergonomie gibt: einerseits die Lösung grundsätzlicher Fragen in Instituten, an Lehrstühlen usw., andererseits die Problemlösung in der Praxis vor Ort. Erfahrungen aus dem Bereich der Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaften werden im folgenden mitgeteilt.

Wenn die Fachstelle Ergonomie aufgrund einer Anforderung des zuständigen Technischen Aufsichtsbeamten bzw. auf Wunsch des Unternehmers tätig wird, wird im allgemeinen eine Sofortlösung verlangt. Dabei handelt es sich meistens um Teilfragen aus dem Gebiet der Ergonomie, z.B. aus den Bereichen des Hebens und Tragens, des Klimas, der Beleuchtung usw. Die Erfahrung hat gezeigt, daß es sinnvoll ist, zunächst nur die Teilfragen zu beantworten bzw. hierfür Lösungen anzubieten. Wenn sich die angebotenen Lösungen in der Praxis bewähren, ist der Unternehmer im allgemeinen gesprächsbereit für weitere Vorschläge auch in anderen Bereichen der Ergonomie. Die Fachstelle Ergonomie lebt von praxisgerechten, möglichst einfach durchzuführenden und im ersten Ansatz nicht zu kostenaufwendigen Maßnahmen. Bei der Lösung ergonomischer Probleme sind nicht nur die Befindlichkeiten der Versicherten, sondern

auch die der Unternehmer zu berücksichtigen. Fast immer handelt es sich um Lösungsmöglichkeiten, die nur auf bestimmte Arbeitsplätze anwendbar sind. Dies wird unterstrichen durch die allgemeine Tendenz in der Industrie, wechselnde und flexible Arbeitsplätze einzurichten. Auch die bekannten Fließbandarbeitsplätze haben eine abnehmende Tendenz und werden zunehmend in Gruppenarbeitsplätze umgewandelt. Selbst wenn es sich um typische Fließbandarbeitsplätze handelt, haben diese durch Modellwechsel, Produktionsumstellungen und ähnliche Umstände nur eine zeitlich begrenzte Dauer.

In der „Fachstelle Ergonomie“ sind im wesentlichen drei Bereiche thematisch verankert, die sich in Teilbereichen überschneiden können:

- Anthropometrie/Arbeitsplatzgestaltung,
- optische Strahlungen wie Lichttechnik, Notbeleuchtung, UV- und IR-Strahlung, Farbgebung,
- Klima.

Von der Fachstelle werden folgende Berufskrankheiten bearbeitet, die im wesentlichen ergonomisch bedingt, d.h. durch unergonomische Gestaltung der Arbeitsplätze verursacht wurden:

Aktivitäten der Fachstelle Ergonomie der Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft und Maschinenbau und Metall-Berufsgenossenschaft

- 2101 Erkrankung der Sehnenscheiden oder des Sehngleitgewebes (61/40)
- 2102 Meniskusschäden (181/100)
- 2105 Chronische Erkrankungen der Schleimbeutel durch ständigen Druck (19/7)
- 2106 Drucklähmungen der Nerven (7/2)
- 2107 Abrißbrüche der Wirbelfortsätze (4/0)
- 2108 Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule (mit 2109: 1575/820)
- 2109 Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule
- 2201 Erkrankungen durch Arbeit in Druckluft (1/0)
- 2401 Grauer Star durch Wärmestrahlung (5/4)
- Grauer Star durch UVA-Strahlung

Die in Klammern angegebenen Zahlen spiegeln den Stand der durchgeführten BK-Erkrankungen für die Jahre 1994/1993 wider.

Die folgende Tabelle zeigt Aktivitäten der Fachstelle Ergonomie auf den Gebieten Beratung, Messung und Beurteilung in den Jahren 1993 und 1994. Der Rückgang von 1993 auf 1994 ist durch einen

sprunghaften Anstieg der BK-Bearbeitung, insbesondere bei den Wirbelsäulenerkrankungen, zu erklären. Die Bearbeitung der BK-Erkrankungen hat Vorrang, so daß Beratungen und Messungen zurückgenommen werden mußten.

Anzahl	1994	1993
lichttechnische Messungen	158	234
lichttechnische Beratungen	142	188
Klimamessungen	19	21
Klimaberatungen	24	30
Beurteilung von Hitze-arbeitsplätzen	1	10
Beratungen zur ergonomischen Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen	59	37
Beratungen zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen im Werkstattbereich	11	47
Fachberatungen	10	12
Unfalluntersuchungen im „Zusammenhang Unfall—Beleuchtung“	0	102
Insgesamt	424	681

Eine großangelegte Untersuchung in einem Automobilwerk zeigte jedoch auch, daß den Versicherten teilweise an anderer Stelle „der Schuh drückt“, als es der Gesetzgeber vermutet. Abbildung 1 zeigt Verbesserungsvorschläge der Versicherten zu ihren eigenen Arbeitsplätzen.

Im Gegensatz zum nationalen Recht ist die Forderung nach ergonomischer Gestaltung der Arbeitsplätze und Arbeitsmittel in den europäischen Richtlinien gut verankert. Sowohl in den Richtlinien nach 100 a des EWG-Vertrages (keine Handelshemmnisse) als auch nach 118 a

des EWG-Vertrages (Sicherheit und Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer bei der Arbeit) wird die Einhaltung ergonomischer Grundsätze verlangt (vgl. Seite 95).

Besonders aktuell ist die „EG-Richtlinie über Mindestvorschriften bezüglich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der manuellen Handhabung von Lasten, die für die Arbeitnehmer insbesondere eine Gefährdung der Lendenwirbelsäule mit sich bringt“.

Wie bereits angedeutet, ist die Fachstelle Ergonomie zur Zeit durch die Er-

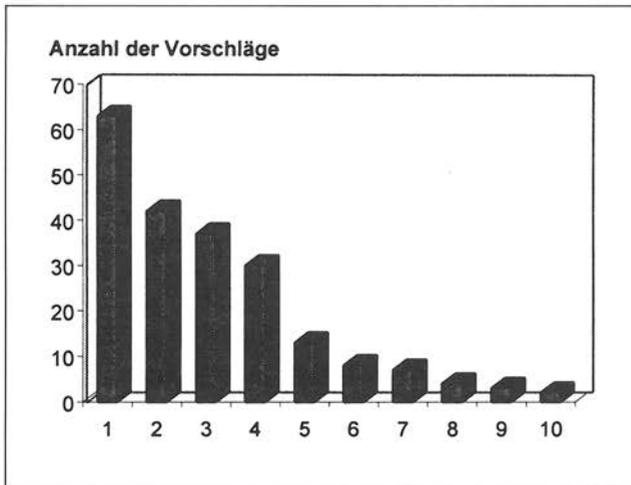


Abbildung 1:
Beispiel für Vorschläge zur Verbesserung der „Arbeitsumgebung“ (Ergebnisse einer Studie in einem Automobilwerk); die Vorschläge betreffen:

- 1 Be- und Entlüftung;
- 2 Arbeitsmittel;
- 3 Beleuchtung;
- 4 Heizung/Klima;
- 5 lärm;
- 6 saubere Arbeitsplätze;
- 7 allgemeine Raumgestaltung;
- 8 Schutz-/Arbeitskleidung;
- 9 Autoreinigung;
- 10 Betriebsstoffe

Aktivitäten der Fachstelle Ergonomie der Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft und Maschinenbau und Metall-Berufsgenossenschaft

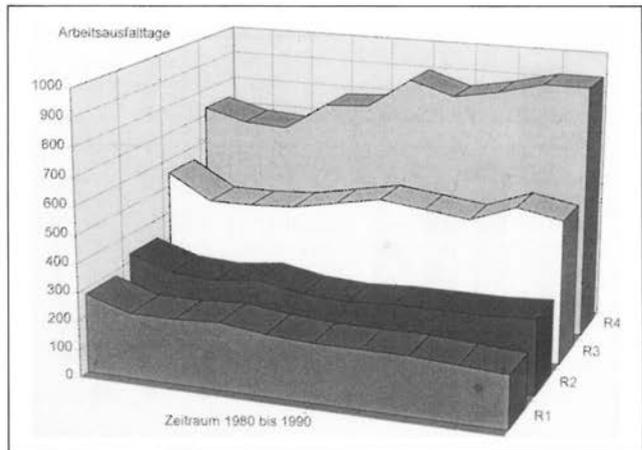
mittlung der arbeitstechnischen Voraussetzungen für die Wirbelsäulenerkrankungen sehr in Anspruch genommen. Skeletterkrankungen haben seit mehreren Jahren eine steigende Tendenz (siehe Abbildung 2). In der Rangfolge nach Branchen liegen bei den Muskel- und Skeletterkrankungen das Baugewerbe vor dem Verkehr gefolgt von der Verwaltung und der Nahrungsmittelindustrie.

Den sprunghaften Anstieg der Ermittlungstätigkeit verdeutlichen folgende Zahlen (BK-Nummern 2108 und 2109): 1993 — ca. 180, 1994 — ca. 800

und 1994 — ca. 1590 bearbeitete Fälle. Während einige Berufskrankheiten „stagnieren“ (z.B. 2105, 2106, 2107, 2201, 2401), hat sich danach bei den Berufskrankheiten 2108/2109 von 1992 bis 1994 eine Verzehnfachung in der Antragstellung ergeben.

Als Ausblick für die Fachstelle Ergonomie darf die Hoffnung ausgesprochen werden, daß in Zukunft der Schwerpunkt der Fachstellentätigkeit nicht mehr auf dem Gebiet der BK-Ermittlungen, sondern bei der Prävention dieser Berufskrankheiten liegt.

Abbildung 2:
„Arbeitsunfähigkeitstage“,
entnommen einer Statistik des
Bundesverbandes der Betriebs-
krankenkassen. Es bedeuten:
R1 Herz/Kreislauf;
R2 Verdauungsorgan;
R3 Atmungsorgan;
R4 Skeletterkrankungen



Anhang

Beispiele für die Einbeziehung ergonomischer Sachverhalte in Vorschriftenwerke

Beispiel 1:

Maschinenrichtlinie, Anhang 1

□ 1.1.2 d) „Bei bestimmungsgemäßer Verwendung müssen Belästigung, Ermüdung und psychische Belastung (Streß) des Bedienungspersonals unter Berücksichtigung der ergonomischen Prinzipien auf das mögliche Mindestmaß reduziert werden.“

□ 1.2.8 „Die Software für den Dialog zwischen Bedienungspersonal und Steuer- oder Kontrollsystem einer Maschine ist nach den Grundsätzen der Benutzerfreundlichkeit auszulegen.“

Beispiel 2:

Richtlinie des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit (89/391/EWG)

□ Artikel 5, Allgemeine Vorschrift:

(1) Der Arbeitgeber ist verpflichtet, für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer in bezug auf alle Aspekte, die die Arbeit betreffen, zu sorgen.

□ Artikel 6, Allgemeine Pflichten des Arbeitgebers:

(2) d) Berücksichtigung des Faktors „Mensch“ bei der Arbeit, insbesondere bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen sowie bei der Auswahl von Arbeitsmitteln und Arbeits- und Fertigungsverfahren, vor allem im Hinblick auf eine Erleichterung bei eintöniger Arbeit und bei maschinenbestimmtem Arbeitsrhythmus sowie auf eine Abschwächung ihrer gesundheits-schädigenden Auswirkungen.

(3) Unbeschadet der anderen Bestimmungen dieser Richtlinie hat der Arbeitgeber je nach Art der Tätigkeiten des Unternehmens bzw. Betriebes folgende Verpflichtungen:

a) Beurteilung von Gefahren für Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer, unter anderem bei der Auswahl von Arbeitsmitteln, chemischen Stoffen oder Zubereitungen und bei der Gestaltung der Arbeitsplätze.

Beispiel 3:

EWG-Richtlinie über Mindestvorschriften bezüglich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der manuellen Handhabung von Lasten, die für die Arbeitnehmer insbesondere eine Gefährdung der Lendenwirbelsäule mit sich bringt

Richtlinie des Rates vom 29. Mai 1990

Bauspezifische Rückenschule für Auszubildende — Vermittlung ergonomischer Inhalte und Verhaltensweisen

Sonja Gütschow, Hamburg

Bauarbeit bedeutet häufig auch körperliche Schwerarbeit. Viele Tätigkeiten werden noch in Handarbeit verrichtet. Technische Hilfsmittel stehen nur in begrenztem Umfang zur Verfügung. Ein Lehrmeister sagte: „Ein Bauarbeiter, der 55 Jahre alt ist und noch keine Rückenschmerzen hat, der ist auch kein Bauarbeiter gewesen.“ Mit der Aufnahme der Wirbelsäulenerkrankungen in die Liste der Berufskrankheiten 1993 wurde das Ausmaß der Wirbelsäulenerkrankungen von am Bau Beschäftigten anhand der Antragsflut besonders deutlich. Damit wurde auch aus Sicht der Berufsgenossenschaften die Notwendigkeit erkannt, sich stärker der Prävention zuzuwenden.

Das Arbeitsschutzkonzept sieht an erster Stelle technische Gestaltungslösungen vor. Angefangen mit der Bereitstellung von Transporthilfsmitteln (z.B. Krane und Bauaufzüge), von Arbeitsmitteln (z.B. Gerüste mit erhöhter Materialebene oder Maurermaschinen) bis hin zu Gewichts erleichterungen wie z.B. der Einführung der 25-kg-Zementsäcke und der Begrenzung der Gewichte von Mauersteinen im Merkblatt „Handhaben von Mauersteinen“ der Arbeitsgemeinschaft (ARGE) der Bau-Berufsgenossenschaften stehen uns einige technische Lösungen zur Verfügung. An zweiter Stelle im Arbeitsschutzkonzept stehen Verhaltensanforderungen.

Auch die Ergonomie kennt als einen ihrer Wege die Anpassung des Menschen an die Arbeit, z.B. durch Training und Einarbeitung. Diesen Weg haben wir gewählt, als die Idee der bauspezifischen Rückenschule für Auszubildende in der Bauwirtschaft entstand — eine Möglichkeit, im präventiven Sinn Einfluß zu nehmen!

Das Projekt ist unter Leitung des leitenden Arbeitsmediziners des Arbeitsmedizinischen Dienstes der Bau-Berufsgenossenschaft Hamburg, Professor Hartmann, entstanden. In interdisziplinärer Zusammenarbeit mit dem Technischen Aufsichtsdienst der Bau-Berufsgenossenschaft Hamburg und dem Reha-Zentrum des berufsgenossenschaftlichen Krankenhauses Boberg/Hamburg wurde ein Schulungskonzept erarbeitet, um Auszubildenden im ersten Lehrjahr, also noch bevor sich ihre Verhaltensweisen im Zusammenhang mit ihrer späteren Arbeit verfestigt haben, wirbelsäulengerechtes Verhalten für ihr späteres Berufsleben zu vermitteln und sie so auf ihren späteren Einsatz auf dem Bau vorzubereiten.

Begleitend wurde das Video „Ergonomie am Bau“ hergestellt. Der Film entstand im Auftrag der ARGE der Bau-Berufsgenossenschaften im Jahre 1994. Ein Arbeitsteam aus dem Arbeitskreis „Schulung und Ausbildung“, zusammengesetzt aus Technischen Aufsichtsbeamten, einem

Bauspezifische Rückenschule für Auszubildende — Vermittlung ergonomischer Inhalte und Verhaltensweisen

Arbeitsmediziner und einer Arbeitswissenschaftlerin, erarbeiteten die Grundlagen. Kriterien für die inhaltliche Gestaltung waren zum einen die Einführung in das Thema Ergonomie, zum anderen sollten besondere Probleme und Lösungsvarianten für verschiedene bautypische Bereiche angeboten werden, so daß sich ein breiter Bereich der Bauwirtschaft angesprochen fühlen kann.

Dieses Projekt wird seit 1992 in Neumünster, seit 1994 in Rostock und Kiel und seit 1995 in Hamburg und Schwerin in den Ausbildungszentren der Bauwirtschaft angewandt und soll auf weitere Ausbildungszentren in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern ausgeweitet werden.

Das Programm gliedert sich in drei Bestandteile:

1. Den medizinischen Einführungsvortrag — gehalten von einem Arbeitsmediziner der Bau-Berufsgenossenschaft Hamburg. In diesem Vortrag wird Allgemeinwissen rund um die Wirbelsäule vermittelt.
2. Den rüchenschulsportlichen Teil von acht bis zehn Einheiten (eine Stunde), ausgeführt von Rückenschullehrern der im Projekt mitwirkenden Krankenkassen. In diesem Teil werden Bewegungserfahrungen und ein Grundprogramm präventiver Übungen mit den Bestandteilen Körper-

wahrnehmung, Mobilisation, Dehnung und Ansätze zur Körperkräftigung vermittelt.

3. Die ergonomische Unterweisung, ausgeführt von Lehrmeistern in den jeweiligen Ausbildungszentren.

Der wesentliche Unterschied zu den Rückenschulen der Krankenkassen besteht neben der Tatsache, daß sich die Berufsgenossenschaft an rüchengesunde Jugendliche wendet, im dritten Bestandteil der bauspezifischen Rückenschule — der ergonomischen Unterweisung.

Inhalte dieser ergonomischen Unterweisung sind:

1. Theoretischer Teil (Vortrag des Lehrmeisters, max. 45 Minuten)

Vermittelt werden:

- der Begriff Ergonomie,
- Bau und Funktion der Wirbelsäule und der Bandscheiben (kurze Wiederholung des bereits im Arztvortrag Gehörten),
- Richtwerte zum Heben und Tragen von Lasten und das Mauersteinmerkblatt der ARGE der Bau-Berufsgenossenschaften,
- berufstypische Belastungen der einzelnen Berufsgruppen (bisher für den Hochbaubereich),

- technische Hilfsmittel zur Verminderung der Wirbelsäulenbelastung,
- richtige, rückenfreundliche Verhaltensweisen.

2. Praktischer Teil (im Ausbildungszentrum auf der Übungsbaustelle)

Übungssteile:

- körpernahes und körperfernes Heben und Tragen,
- Bestimmung und Beurteilung von Mauersteinen nach dem Mauersteinmerkblatt der ARGE der Bau-Berufsgenossenschaften (1-Handstein, 2-Handstein und maschinell zu verarbeitender Stein einschließlich der Griffgestaltung),
- Heben und Tragen von Steinen, Zementsäcken und Holzbalken (allein und zu zweit) und anderer Baumaterialien,
- Einrichtung eines Maurerarbeitsplatzes mit den Beispielen Bockgerüst und Kurbelarbeitsgerüst mit erhöhter Materialebene,
- Tragen von Bordsteinen mit Bordsteinzangen,
- Schaufeln von Kies in eine Schubkarre,
- richtiges Beladen und Fahren mit der Schubkarre.

Dieser praktische Teil wird mit einer Videokamera aufgenommen und im Ab-

schlußgespräch mit den Jugendlichen ausgewertet.

Natürlich wird eine Prägung von richtigen Verhaltensweisen bei den Auszubildenden auf Dauer nur erreicht, wenn diese erlernten Bewegungsabläufe ständig von den Lehrmeistern abgefordert und kontrolliert werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, auch die Lehrmeister entsprechend zu motivieren und zu schulen.

Ausblick auf die weitere inhaltliche Gestaltung

Eine Erweiterung und Differenzierung des Schulungsmaterials für die Berufsgruppen des Hoch- und des Tiefbaubereiches wie z.B. Fliesenleger, Maler, Trockenbauer, aber auch des Straßen- und Tiefbaubereiches und die Festschreibung von berufsgruppentypischen Übungen sind die nächsten Schritte zur Erweiterung und Vervollkommnung des Schulungsmaterials. Dazu ist eine Materialsammlung zu ergonomisch gestalteten Maschinen und Geräten sowie zu entsprechenden Verhaltensweisen berufsgruppenbezogen als Voraussetzung erforderlich. Diese Materialsammlung könnte gleichzeitig in Form einer Sammlung ergonomischer Gestaltungslösungen Grundlage für die Beratung von Firmen der Bauwirtschaft darstellen.

Bauspezifische Rückenschule für Auszubildende — Vermittlung ergonomischer Inhalte und Verhaltensweisen

Wenn Gestaltungslösungen propagiert werden sollen, ist eine einheitliche Grundlage zur Beurteilung der Maschinen, Geräte und Verfahren nach ergonomischen Gestaltungskriterien erforderlich. Bisher existiert eine Reihe von Normen und Vorschriften zur Gestaltung von Maschinen und Geräten. Bei der Prüfung dieser Maschinen und Geräte, z.B. für das GS-Zeichen oder CE-Zeichen, werden von den Fachausschüssen bzw. Prüfstellen ergonomische Kriterien nur in geringem Umfang berücksichtigt. Ausnahmen bilden Lärm- und Vibrationskennwerte. Lediglich im Büro-

bereich ist die Ergonomie zu einem all-gemeingültigen Verkaufsargument geworden und damit in die Prüfung einbezogen.

Eine Prüfung mit dem Kriterium „ergonomie-geprüft“, wie in Ansätzen vom TÜV Rheinland ausgeführt, wäre deshalb ein wünschenswertes Kriterium zur Kennzeichnung von Maschinen und Geräten, um so auch den Anwendern die Auswahl ergonomisch gestalteter Geräte zu erleichtern und damit einen Beitrag zur Humanisierung der Arbeit zu leisten.

Zur Prävention von Wirbelsäulenerkrankungen — „Kreuz-Weisheiten“

Wolfgang Pichl, Langenhagen

Um die bei der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft versicherten ca. 6 500 Mitgliedsunternehmen und ca. 230 000 Versicherten aus dem Bereich der Steine- und-Erden-Industrie über geeignete Präventionsmaßnahmen informieren zu können, wurde vom Vorstand dieser Berufsgenossenschaft die Schaffung eines geeigneten Informations- und Schulungsmaterials als geschlossenes Informationspaket in Auftrag gegeben. Ein Baustein ist das Video „Kreuz-Weisheiten“, das in Kooperation mit dem Bundesverband der Betriebskrankenkassen entstand. Fachberater waren die Herren Prof. Baumann, Sporthochschule Köln, und Dr. Wessinghage, Reha-Zentrum in Hamburg.

Dieser auf den Bereich der Steine- und-Erden-Industrie zielgerichtete Präventionsfilm dient zur Aufklärung und Information der Unternehmer und zur Unterweisung

der Beschäftigten. Mit seiner Konzeption war zugleich geplant, folgende ergänzende Medien zu erstellen:

- Broschüre „Kreuz-Weisheiten“,
- Foliensatz „Kreuz-Weisheiten“,
- Mustersammlung zur Arbeitsplatzgestaltung,
- Broschüre „Richtig sitzen am Arbeitsplatz und zu Hause“ sowie
- Tips zum rückengerechten Heben, Tragen und Sitzen.

Das Informationspaket, aus dem heute der Videofilm gezeigt wird, soll 1996, in einem Ordner komplett zusammengestellt, durch Technische Aufsichtsbeamte allen Mitgliedsunternehmen der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft im Verlauf eines beratenden Gesprächs kostenlos zur Verfügung gestellt werden.

Belastungskatalog „Heben und Tragen von Lasten“

Eberhard Christ und Jürgen Kupfer, Sankt Augustin

1 Vorgeschichte

Bereits während der Diskussion im Ärztlichen Sachverständigenbeirat beim Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung über die Aufnahme von Erkrankungen der Wirbelsäule durch schweres Heben und Tragen in die Liste der Berufskrankheiten führte der Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften ein Projektseminar durch. Es hatte mit 90 Teilnehmern überwiegend aus dem berufsgenossenschaftlichen Bereich und unter Beteiligung der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften und des Bundesverbandes der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand e.V. (BAGUV) eine überdurchschnittliche Resonanz. Als ein Ergebnis dieses Projektseminars wurde die Bildung des interdisziplinär besetzten Arbeitskreises „Wirbelsäulenerkrankungen — AK WS“ beschlossen, der sich mit Präventions-, Kausalitäts-, Diagnose-, Therapie- und Begutachtungsproblemen der neuen Wirbelsäulen-Berufskrankheiten beschäftigen und gemeinsame Empfehlungen für die berufsgenossenschaftliche Praxis erarbeiten soll.

Das Projekt des Belastungskataloges „Heben und Tragen von Lasten“, über das hier zu berichten ist, stellt eines der wesentlichen Ergebnisse der Arbeit des AK WS auf dem Präventionssektor dar. Dieses Projekt wurde von einer auf Anre-

gung des AK WS ins Leben gerufenen Ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Mitarbeitern der Technischen Aufsichtsdienste der gewerblichen Berufsgenossenschaften, des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften und des BAGUV erarbeitet. Zunächst stellte der AK WS die Aufgabe, zur Unterstützung der einheitlichen Erfassung der arbeits-technischen Voraussetzungen für die durch das Heben und Tragen schwerer Lasten und die Arbeit unter extremer Rumpfbeugehaltung verursachten Berufskrankheiten BK 2108 und BK 2109 ein Erhebungsraster zu erarbeiten. Aus dem Teilnehmerkreis von 30 Berufsgenossenschaften einschließlich der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften und des BAGUV konstituierte sich im Januar 1993 eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe von zehn Berufsgenossenschaften, die bereits Erfahrungen in der Erfassung der Arbeitsplatz-Belastungsbedingungen gesammelt und zum Teil eigene Dokumentations-systeme entwickelt hatten.

In sehr effektiven, dicht aufeinander folgenden Sitzungen wurde innerhalb von drei Monaten der Entwurf eines Erhebungsbogens für relevante Belastungsdaten der Lenden- und Halswirbelsäule entwickelt und der Initiativgruppe der 30 Berufsgenossenschaften zur Stellungnahme zugeleitet. Nach Einarbeitung der Änderungswünsche konnte der AK WS über die Erhebungsbögen ab-

Belastungskatalog „Heben und Tragen von Lasten“

schließlich beraten und sie dem beim Hauptverband zuständigen Gremium zur Verabschiedung zuleiten. Sie wurden nach nur elf Monaten, gerechnet ab Datum des Fachgespräches der Initiativgruppe im Oktober 1993, den Berufsgenossenschaften mit Rundschreiben VB 101/93 einschließlich ausführlicher Hinweise zu ihrer Benutzung zur Anwendung empfohlen.

Die intensive Erhebungsarbeit der Technischen Aufsichtsdiene zahlreicher Berufsgenossenschaften über Belastungsdaten zum Heben und Tragen schwerer Lasten und zur Arbeit unter extremer Rumpfbeugehaltung, die durch die große Zahl von Anzeigen über den Verdacht der Berufskrankheiten BK 2108 und BK 2109 ausgelöst wurde, veranlaßte die Konferenz der leitenden Technischen Aufsichtsbeamten (LTAB) 3/93 in Seeheim im August 1993 zur Diskussion und Beschlußfassung über die Nutzung dieser Belastungsdaten auch zur Gewinnung aussagefähiger Erkenntnisse über Präventionsschwerpunkte. Die Erarbeitung eines geeigneten Datenrasters sollte die Ad-hoc-Arbeitsgruppe des AK WS übernehmen, die bereits im ersten Halbjahr 1993 erfolgreich die Erhebungsbögen erarbeitet hatte. Der AK WS bestätigte in seiner Sitzung im September 1993 diesen Vorschlag und erteilte wiederum dem BIA den Auftrag, die Ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Vertretern der Tech-

nischen Aufsichtsdiene einzuberufen und ein Konzept zur Nutzbarmachung der BK-Belastungsdaten für die Prävention zu entwickeln. Ziel dieser Aktivitäten soll die Gewinnung tätigkeitsbzw. berufsspezifischer Belastungsprofile nach einheitlichen Belastungsparametern sein.

Nach einer Umfrage unter allen interessierten Berufsgenossenschaften kamen am 18. Januar 1994 Experten der Technischen Aufsichtsdiene aus 19 Berufsgenossenschaften, der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften und des BAGUV als wiedereingesetzte Ad-hoc-Gruppe des AK WS zusammen und formulierten auf der Grundlage des Beschlusses der LTAB-Konferenz das Arbeitsprogramm:

„Erarbeitung eines Belastungskataloges für berufliche Tätigkeiten, die mit dem Heben und Tragen schwerer Lasten und/oder extremer Rumpfbeugehaltung verbunden sind. Ziel ist es, damit Sachverhaltsermittlungen im BK-Verfahren 2108 und 2109 zu unterstützen sowie Prioritäten für die technische und arbeitsmedizinische Prävention zu setzen.“

Die vorangehende Zusammenarbeit dieser Gruppe, wenn auch damals im kleineren Kreis, kam einer kurzfristigen und effektiven Bearbeitung dieser Aufgabenstellung zugute. Aus den Arbeiten von 14 Technischen Aufsichts-

diensten konnte das BIA einen Vorschlag für Inhalt und Gliederung des Belastungskataloges erarbeiten, der ein knappes halbes Jahr später zusammen mit einem Vorschlag zum Inhalt einer entsprechenden Präventionsdatenbank im Gesamtkreis beraten wurde. Klar erkannt wurde dabei das Problem des Fehlens einheitlicher Bewertungsmaßstäbe, dessen Lösung auch heute noch als Aufgabe vor uns steht. Dafür kann die Erfassung der Belastungsdaten in einer Datenbank eine wichtige Vorarbeit sein, da mit ihrer Hilfe Vorschläge für Bewertungsmaßstäbe oder Dosiswerte auf ihre Relevanz hin überprüft werden können.

Nach der Einarbeitung von Ergänzungs- und Korrekturwünschen der Arbeitskreismitglieder konnte der Vorschlag für die Schaffung eines „Belastungskataloges Heben und Tragen von Lasten“ und zur Einbindung einer entsprechenden Datenbank in die bereits bestehenden logischen und dv-technischen Strukturen der Belastungsdatenbank für Gefahrstoff-Expositionsdaten der LTAB-Konferenz 3/94 in laubach im September 1994 zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Naturgemäß wurde in laubach auch die Frage der Datenübermittlung erörtert, da bei zahlreichen Berufsgenossenschaften eigene Erfassungsformulare be-

nutzt werden und Doppelausfüllung vermieden werden sollte. Da das vom Ad-hoc-Arbeitskreis erarbeitete Datenraster für den Belastungskatalog in den wichtigen Erfassungskriterien mit den Formulare der Berufsgenossenschaften weitgehend übereinstimmt, kann das BIA die zur Verfügung gestellten Daten übernehmen und in das für den Belastungskatalog einheitliche Raster einordnen. Mit diesem praktischen Kompromiß fand das erarbeitete Konzept die Zustimmung der LTAB-Konferenz. Als erster Schritt wurde die probeweise Datenübernahme mit zwei Berufsgenossenschaften vereinbart.

2 Inhalt des Belastungskataloges „Heben und Tragen von Lasten“

Die bedeutenden Daten sind, auf das Wesentliche konzentriert, in den nachfolgenden Abschnitten wiedergegeben. Sie sollen vor allem den unterschiedlichen Befunddokumentationen der Technischen Aufsichtsdienste sowie Ergebnissen aus Forschungsprojekten entnommen und in der aufzubauenden Datenbank gespeichert werden. Personenbezogene Daten oder Daten, die einen Personenbezug ermöglichen könnten, werden nicht an das BIA übermittelt.

2.1 Angaben zu Beruf/Tätigkeit/ Schlüssel-Nummer

Ausgeübter Beruf
(in Anlehnung an Berufsklassifizierung)

Ausgeübte Tätigkeit
(wo erforderlich, ausführliche verbale Beschreibung)

Teiltätigkeiten
(branchenübliche Bezeichnungen)

Schlüssel-Nummer
(in Anlehnung an OMEGA)

Die Angaben über den ausgeübten Beruf und die genaue Beschreibung der ausgeführten Tätigkeiten und Teiltätigkeiten sowie ihre Verschlüsselung sollen in enger Anlehnung an die bereits im Rahmen des berufsgenossenschaftlichen Meßsystems Gefahrstoffe – BGMG vorhandenen OMEGA-Schlüsselverzeichnisse erfaßt werden. Dies bedarf noch der geeigneten Modifikation der Schlüsselverzeichnisse, um den Besonderheiten dieser Belastungsart Rechnung zu tragen.

2.2 Angaben zur Last und zur Lasthandhabung

Lastbezeichnung
(branchenübliche Bezeichnungen)

Gewicht

(im Bereich 10–25 kg für Teiltätigkeiten untersetzt, wenn möglich, in 5-kg-Stufen, sonst von ... bis; darüber hinaus: > 25-kg- und > 50-kg-Gewichte ausweisen)

Hebehilfen

(branchentypische, namentliche Nennung)

Hubhöhe

(Angabe von/nach für die Arbeitsebenen: ebenerdig, Tischhöhe, Brusthöhe, über Kopf)

Lasthandhabung

(ein- oder beidhändig; wird die Last von zwei oder mehreren Personen bewegt, ist das beim Gewicht zu berücksichtigen, d.h. welche Last bewegt der Einzelne?)

Die Lastbezeichnungen dienen zugleich dem Aufbau eines Thesaurus, mit dessen Hilfe zu einem späteren Zeitpunkt ggf. branchenübergreifende, einheitliche Lastbezeichnungen vorgegeben werden können.

Die Angaben zum Lastgewicht sollen im Bereich zwischen 10 kg und 25 kg möglichst in ganzen 5-kg-Stufen angegeben werden, aber auch Gewichtsbereichsangaben sind möglich.

Für die Benutzung der eventuell verwendeten Hebehilfen gilt hinsichtlich des Aufbaues eines Thesaurus das gleiche wie für die Lastbezeichnungen.

Die Angaben zur Hubhöhe und zur Lasthandhabung können z.B. entsprechend den einheitlichen Erhebungsvordrucken (M 6222 und M 6224) in die Datenbank übernommen werden.

Für alle belastungsrelevanten Daten ist grundsätzlich zwischen Heben und Tragen zu unterscheiden, d.h., es sind entsprechend differenzierte Angaben erforderlich.

2.3 Angaben zu Körperhaltungen

Piktogramm (vgl. Abbildung Seite 108)

Rumpfvorbeugewinkel

(< 10° wird nicht erfaßt; wenn möglich, Angabe in 10°-Stufen, sonst in Bereichen: 10° bis 30°, 30° bis 60°, 60° bis 90° und > 90°)

Rumpfverdrehung/Torsion

(< 15° wird nicht erfaßt; wenn möglich, Angabe in 10°-Stufen, sonst in Bereichen: 15° bis 30° und > 30°)

Typische Körperhaltungen sind in zwölf Piktogrammen dargestellt, auf die unmittelbar Bezug genommen werden kann. Gegenüber dem Hinweisblatt zu den einheitlichen Erhebungsbögen M 6222 und M 6224 wurde die Zahl der Piktogramme von neun auf zwölf erweitert.

Die Angaben zum Rumpfvorbeugewinkel werden in der Regel stark streuen, auch wenn nur Aussagen in den vier Abstufungen über jeweils 10° gemacht werden.

Dies gilt auch für die Angaben zur Rumpfverdrehung/Torsion.

In Weiterentwicklung des gemeinsam mit den an der Ad-hoc-Arbeitsgruppe beteiligten Berufsgenossenschaften erarbeiteten Datenrasters hat das im BIA zuständige Referat „Arbeitswissenschaft – Ergonomie“ eine Matrix für wirbelsäulenbelastende Körperhaltungen entwickelt [1]. Die Beschreibung der Körperhaltungen soll damit erleichtert und in einer Anlehnung an die in Finnland entwickelte OWAS-Methode vor allem vereinheitlicht werden, so daß zukünftig unterschiedliche Beurteiler nicht zu voneinander abweichenden Schlußfolgerungen kommen.

2.4 Angaben zur Häufigkeit/Dauer von WS-Belastungen

Dauer des Vorganges

(in Bereichen: < 5 s, 5 bis 30 s und > 30 s)

Häufigkeit pro Schicht

(Anzahl angeben, ggf. von/bis; andere Angaben sind entsprechend umzurechnen)

Belastungskatalog „Heben und Tragen von Lasten“

Schichten pro Jahr

(Anzahl angeben oder in Bereichen:
< 30, 30 bis 60, 60 bis 120 und > 120
Schichten pro Jahr)

Dauer in Jahren

(Anzahl angeben; andere Angaben sind
entsprechend umzurechnen)

Die Angaben zur Dauer von Einzelvorgängen, die sowohl in den Erhebungsbögen M 6222 und M 6224 als auch im Datenraster für die Präventionsdatenbank in drei Stufen zwischen < 5 Sekunden und > 30 Sekunden vorgesehen sind, sollen auf Vorschlag der LTAB-Konferenz 3/94 auch längere Tragevor-

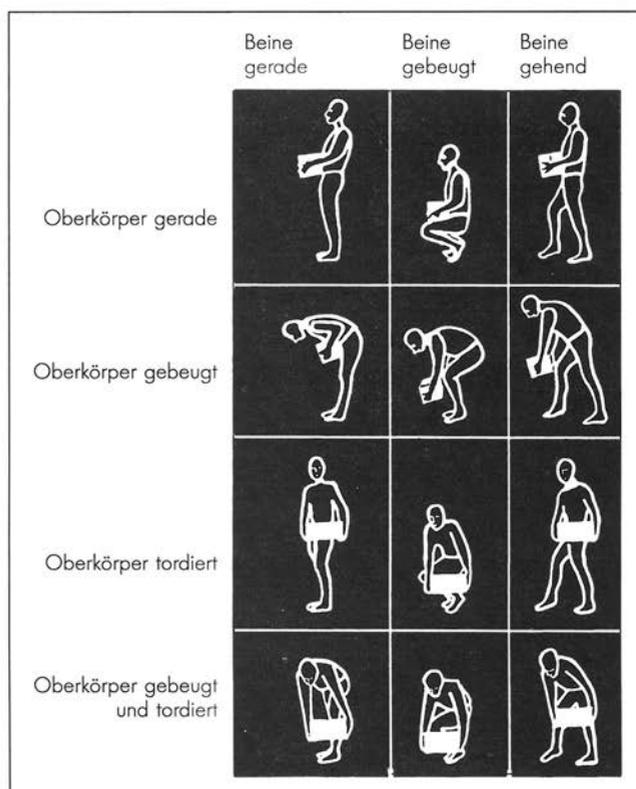


Abbildung:
Zwölf Grundhaltungen nach [1]

gänge (z.B. Minuten) differenziert ausweisen.

Die Häufigkeiten der Belastungen, bezogen auf die Einzelschichten, die Zahl der Schichten pro Jahr und die Anzahl der Belastungsjahre bilden die Grundlage für den in nächster Zukunft anstehenden Versuch der Bildung einheitlicher Beurteilungsgrundlagen in Form geeigneter Dosismaße. Hier wird es sicher neben allgemeingültigen auch berufsspezifische Beurteilungskriterien geben (z.B. im Bereich der Krankenpflege).

3 Ausblick

Die im Rahmen des Beschlusses der LTAB-Konferenz 3/94 in Gang gesetzte Entwicklung einer Datenbank „Belastungskatalog Heben und Tragen von Lasten“ und ihre Erprobung soll ab 1995/96 durch das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitssicherheit – BIA in Angriff genommen werden. Auf Initiative des Arbeitskreises „Wirbelsäulenerkrankungen“ sollen zugleich Schritte zur Erarbeitung vereinheitlichter Beurteilungskriterien eingeleitet werden. Als Ausgangsmaterial hat dazu u.a. das Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund im Rahmen eines vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaf-

ten geförderten Forschungsvorhabens unter Auswertung von 228 Literaturstellen insgesamt 21 existierende Bewertungsverfahren vergleichend dargestellt und bewertet. Die Broschüre mit dem Titel „Leitfaden für die Bewertung von Hebe- und Tragetätigkeiten – Gesundheitsgefährdung, gesetzliche Regelung, Meßmethode, Beurteilungskriterien und Beurteilungsverfahren“ ist zwischenzeitlich in der Schriftenreihe des Hauptverbandes erschienen [2].

Wir sind überzeugt, daß auch für die weiteren Schritte auf dem Wege zur Schaffung der Beurteilungsgrundlagen und zur Verbesserung der Prävention gegenüber gesundheitsgefährdenden Belastungsbedingungen beim Heben und Tragen schwerer Lasten und bei der Arbeit unter extremer Rumpfbeugehaltung die bereits bewährte Zusammenarbeit aller interessierten Berufsgenossenschaften und der anderen Unfallversicherungsträger eine effektive und erfolgreiche Grundlage bildet.

Literaturverzeichnis

[1] Kupfer, J., und E. Christ: Lifting and carrying heavy loads, working in an extreme body bending position: a concept for investigating physical strain at

the workplace. Poster Kongreß: FROM RESEARCH TO PREVENTION — Managing Occupational and Environmental Health Hazards, 20-23 March 1995, Helsinki, Finland

[2] *Bongwald, O., A. Luttmann und W. Laurig*: Leitfaden für die Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin, 1995

Ergonomie im Spiegelbild berufsgenossenschaftlicher Öffentlichkeitsarbeit

Jürgen Kupfer, Sankt Augustin

Im Zusammenhang mit der gewählten Überschrift des Vortrages scheint es nützlich, zunächst noch einmal den Gegenstand der Ergonomie in Erinnerung zu rufen:

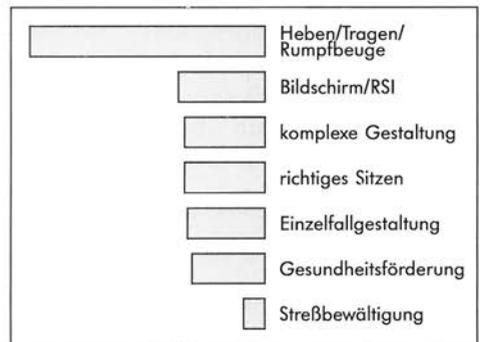
Das Wort selbst setzt sich bekanntlich aus den Teilen „ergon“ = Arbeit oder Tätigkeit und „nomos“ = Regel, Ordnung oder Gesetz zusammen. Daraus abgeleitet und inzwischen international akzeptiert gilt:

Die Wissenschaft Ergonomie sucht nach Erkenntnissen, aus denen sich Regeln zur Gestaltung von Arbeitsbedingungen ableiten lassen. [1, S. 10]

Fachgespräche im BIA sollen in erster Linie der Information interessierter Fachkollegen über Stand und Tendenzen zum gesetzten Schwerpunktthema dienen und zugleich Anregungen für neue, aus der Praxis entstandene Aufgabenstellungen geben und weitervermitteln. Unter beiden Zielen schien es wünschenswert, das Thema Ergonomie im Spiegel berufsgenossenschaftlicher Öffentlichkeitsarbeit zu sehen. Für den Zeitraum von 1992 bis 1994 wurden daher die im Anhang dieses Beitrages zusammengestellten

Schriften der gewerblichen Berufsgenossenschaften nach zugehörigen thematischen Schwerpunkten durchgesehen*. Um ein Beispiel zu geben: Als ein Beitrag wurde u.a. die Serie „Normgerechte Gestaltung von Büro- und Bildschirmarbeitsplätzen“ einbezogen, die von der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft auf einer CD-ROM zusammengefaßt herausgegeben wurde. Bei der Auswertung wurden Beiträge mit dominantem Bezug zu den „klassischen“ Faktoren Lärm, mechanische Schwingungen, Beleuchtung und Klima ausgeklammert, für die die Prävention in der Praxis nach wie vor eine besonders große Rolle spielt. Das Ergebnis der Recherche zeigt die folgende Abbildung. Die als „Einzel- fallgestaltung“ ausgewiesene Säule

Abbildung:
Relative Häufigkeit thematischer Schwerpunkte



* Für die Unterstützung bei der Recherche möchte ich Frau Bold, Leiterin der Fachbibliothek im BIA, herzlich danken.

Ergonomie im Spiegelbild berufsgenossenschaftlicher Öffentlichkeitsarbeit

betrifft dabei insbesondere Baumaschinen, eine Mörtelspritzvorrichtung, Werkzeuge, Fußböden, Knieschützer sowie Arbeitsplätze in den Bereichen Siebdruck, Bergbau, Schmieden und Nähen. Wie bereits angedeutet, war eine solch eindeutige Zuordnung, wie die Abbildung auf den ersten Blick vermuten läßt, nicht immer möglich. So bereitete es z.B. Schwierigkeiten, Beiträge wie „Mensch und Arbeitsplatz“, „Gesund arbeiten“, „Prüflisten für Arbeitsplätze“, „Planung und regelmäßige Unterweisung“ oder „Psychologie in der Arbeitssicherheit“ in das zuvor gewählte Raster einzuordnen. Auch Beiträge zum „Wohlbefinden am Arbeitsplatz“, zum „Einsatz von Rechnern in der Ergonomie“ sowie einige methodische Aufsätze zur Analytik und zur Aus- und Weiterbildung wurden nicht in die Abbildung aufgenommen, obwohl ergonomische Sachverhalte mit angesprochen waren. Probleme bei der Suche nach offensichtlich ergonomischen Inhalten traten auch im Angebotskatalog für Informationsmaterialien der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik auf. Deutliche Bezüge gibt es in den Überschriften der Broschüren und Sonderdrucken:

- Bildschirmarbeitsplätze,
- Ergonomie, was ist das?,
- Ergonomische Untersuchungen zur Sicherheit beim Arbeiten auf Leitern,

- Tips Büroarbeitsplätze,
 - Tips Menschen im Büro und ähnlichen Arbeitsplätzen,
 - Ergonomisch gestalteter Arbeitsplatz und
 - Hinweise für Tätigkeiten an Bildschirmarbeitsplätzen
- mit einem zugehörigen Faltblatt
- Ergonomische Aspekte zum Bildschirmarbeitsplatz.

Unter dem Begriff „Prüflisten — Arbeitssicherheit“ erschienen folgende Materialien:

- Nr. 1 Arbeitsplätze und
- Nr. 9 Heben von Lasten — Betrieb.

Ergonomische Inhalte konnten dagegen nicht unter den Gliederungspunkten

- Richtlinien,
 - Regeln/Sicherheitsregeln,
 - Merkblätter,
 - Informationen,
 - Aufkleber,
 - Merkkarten,
 - Testbogen zum Thema Arbeitssicherheit,
 - Plakate oder
 - Musterbetriebsanweisungen für die Praxis
- gefunden werden.

Bei dieser beispielhaften und zugegebenermaßen subjektiven Zuordnung geht es nicht um eine kritische Wertung! Es soll nur bewußt gemacht werden,

daß in der Verbreitung ergonomischen Wissens Nachholbedarf besteht (etwa bei der anschaulichen Aufbereitung von Normen und zugehörigen anthropometrischen und physiologischen Kennwerten des Menschen, z.B. für den Praktiker in Klein- und Mittelbetrieben) und

daß Aufmerksamkeit für die Behandlung ergonomischer Sachverhalte bereits im Titel einer Schrift oder eines Aufsatzes geweckt werden sollte. Bei der Flut von schriftlichen Informationen, der man täglich gewillt ist nachzugehen, wäre das zudem sehr hilfreich. In jedem Fall sollte im zugehörigen Stichwortverzeichnis ein deutlicher Hinweis aufgenommen werden.

In der Abbildung auf Seite 111 wurde nicht das breite Angebot ergonomischer Beiträge einschlägiger Fachzeitschriften, mit Ausnahme der Zeitschrift „Die BG“, berücksichtigt. Ebenso wird nicht auf das inzwischen reichhaltige Angebot ergonomischer Fachliteratur in Form von Monographien eingegangen. An dieser Stelle sollen jedoch folgende deutschsprachigen Journale, mit denen das aktuelle Informationsangebot der Unfallversicherungsträger erweitert

werden kann, beispielhaft genannt werden:

- Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Köln,
- ARBEIT, Wiesbaden,
- Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz, Prophylaxe und Ergonomie, Heidelberg,
- Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin, Stuttgart,
- Ergo Med, Heidelberg, und
- Angewandte Arbeitswissenschaft, Köln.

Fundgrube für international zusammengetragene Aufsätze sind darüber hinaus, auch hier ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

- Applied Ergonomics, Guildford (Großbritannien),
- Applied Occupational & Environmental Hygiene, Cincinnati, OH, USA,
- Ergonomics, London (Großbritannien),
- International Journal of Industrial Ergonomics, Amsterdam (Niederlande),
- ts Travail & Sécurité, Paris (Frankreich).

Ein breites und durch die Verwendung von Suchbegriffen eingrenzbare Angebot von Quellen, oft mit zugehörigen Kurzfassungen, hält darüber hinaus die Datenbank ZIGUV bereit, in welche die

Ergonomie im Spiegelbild berufsgenossenschaftlicher Öffentlichkeitsarbeit

Dokumentation „Arbeitsschutz, Unfallverhütung, Arbeitsmedizin“ der BG Chemie einbezogen ist. Partnerinstitute des Arbeitsschutzes geben ebenfalls internationale Referatedienste heraus. So können u.a. folgende, auch im BIA geführte, genannt werden:

- AANWINSTENLIJST – NIA, Amsterdam (Niederlande)
- ERGA, Barcelona (Spanien), und
- Bulletin de Documentation, Paris (Frankreich).

Abschließend soll auf spezielle, meist thematisch zugeschnittene wissenschaftlich-praktische Arbeiten wie TAD-

Arbeiten gemäß Prüfungsordnung, Beleg- und Diplomarbeiten sowie Dissertationen an einschlägigen Fachbereichen der Fachhochschulen, Hochschulen und Universitäten hingewiesen werden, die mit zunehmender Tendenz ergonomische Aufgabenstellungen behandeln.

Literaturverzeichnis

[1] *Laurig, W.*: Grundzüge der Ergonomie. Erkenntnisse und Prinzipien. 4. Auflage, REFA Fachbuchreihe Betriebsorganisation. Beuth Verlag, Berlin, Köln 1992

Anhang

Zusammenstellung der ausgewerteten
berufsgenossenschaftlichen Schriften

BG Titel, Erscheinungsort

- | | | | |
|----|---|----|---|
| 01 | Akzente, Mannheim | 19 | Mitteilungen Südwestliche Bau-Berufsgenossenschaft, Karlsruhe |
| 02 | Arbeit und Gesundheit, Wiesbaden
(früher: BA Blickpunkt Arbeitssicherheit) | 20 | Mitteilungen Württembergische Bau-Berufsgenossenschaft, Stuttgart |
| 03 | AS vor Ort, Essen
(früher: Arbeit und Sicherheit) | 21 | Mitteilungen Bau-Berufsgenossenschaft Wuppertal, Wuppertal |
| 04 | BAD Inform, Bonn | 22 | Mitteilungen BGW, Hamburg |
| 05 | Betrifft: Sicherheit, Düsseldorf | 23 | Schaufenster Sicherheit, Bonn |
| 06 | Die Brücke, Köln | 24 | Schwerpunkt der Unfallverhütung, Stuttgart |
| 07 | Der Fahrensmann, Duisburg | 25 | Sicher Arbeiten, Düsseldorf |
| 08 | GS. Gesund und Sicher, Hannover | 26 | Sicher Bauen, Hannover |
| 09 | HBG-Mitteilungen, Augsburg | 27 | Sichere Chemiarbeit, Heidelberg |
| 10 | Hochbau, München | 28 | Sicherheit am Arbeitsplatz, Heidelberg |
| 11 | Impuls, Köln | 29 | Sicherheitspartner, Hamburg |
| 12 | Die Industrie der Steine & Erden, Hannover | 30 | Sicherheitsreport, Hamburg |
| 13 | Informationen für den Betriebsarzt, Köln | 31 | Sicherheitsschirm, Augsburg |
| 14 | Keramik und Glas, Würzburg | 32 | SMBG Mitteilungen, Mainz |
| 15 | Kompaß, Essen | 33 | Symposium, Mannheim |
| 16 | Metallkurier, Stuttgart | 34 | Tag für Tag, Wiesbaden |
| 17 | Mitteilungen Bau-Berufsgenossenschaft Frankfurt, Frankfurt a.M. | 35 | Unfallstopp, Mannheim |
| 18 | Mitteilungen Bau-Berufsgenossenschaft Hamburg, Hamburg | 36 | Verhütet Unfälle, Mainz |
| | | 37 | Warnkreuz, Hamburg |
| | | 38 | Die BG, Berlin und Bielefeld |

Schwerpunkte der Diskussion — eine Zusammenfassung

Jürgen Kupfer und Eberhard Christ, Sankt Augustin

In den einführenden Referaten der Herren Strasser und Bubb wurde sehr deutlich, daß umfangreiches Wissen um die dem berufstätigen Menschen dienliche Gestaltung von Arbeitsmitteln, Arbeitsplätzen und Arbeitsabläufen vorliegt und in vielen Kenndaten bereits wissenschaftlich gut begründet ist. So eindrucksvolle Beispiele wie die im wahren Sinne des Wortes handgerechte Gestaltung von vibrierenden Handwerkzeugen, Schraubendrehern, Scheren oder Tastaturen lassen hoffen, daß sich dieses ergonomische Wissen mit noch größerer Geschwindigkeit und Konsequenz in die Büros von Konstrukteuren, Designern und Verantwortungsträgern in den Unternehmen umsetzen läßt. Ausgangspunkt sollte dabei immer der Gedanke und das zielgerichtete Bestreben sein, den physiologischen Aufwand — unter normalen Bedingungen realisierbar — zu reduzieren. Zu beachten ist dabei aber auch, daß gewissenhaft differenziert werden muß zwischen einer (in der Regel nicht anzustrebenden) „Null-Belastung“ des Menschen und seiner (zu vermeidenden) Reizüberflutung, mechanisch wie psychisch.

Ein solches Herangehen ist unter Einbindung der Arbeitsorganisation — wenn man das Beispiel der Hand-Arm-Schwingungen betrachtet — zugleich der sicherste Weg, um gesundheitliche Schäden, akute wie chronische, zu vermeiden.

Die immer schneller und vollkommener werdende Rechentechnik, inzwischen bereits als PC-Station für aufwendige Rechenoperationen und die Verwaltung umfangreicher Datenbanken einsetzbar, muß der Ergonomie ebenso helfen wie sie bereits erfolgreich seit Jahrzehnten anderen Disziplinen hilft. Schlechte Erfahrungen lehren, daß die „korrigierende“ Ergonomie immer das Nachsehen haben wird, im humanen wie im wirtschaftlichen Sinne. Deshalb kommt es zunehmend darauf an, ergonomische Kennziffern und deren Handhabung zur menschengerechten Gestaltung auf die Rechner in die Konstruktionsbüros zu bringen. Fahr- und Flugzeugindustrie demonstrieren das effektiv mit den Programmen RAMSIS und ANTHROPOS.

Im zuletzt genannten Zusammenhang spielt die Normung eine wichtige Rolle. Da nicht der Mensch, sondern bestenfalls nur das „Ding“ genormt werden kann, müssen sich Normer und Anwender von Normen auf diese unumgängliche Tatsache einstellen! Die Veröffentlichung von Einzelkennwerten, wie z.B. die von Körperkräften, hat Berechtigung und praktische Bedeutung, wenn sie in Übereinstimmung mit ihren Anwendungsbedingungen genutzt werden. Für die Phase der Konstruktion bedeutet das: Die Verantwortlichen für Ergonomie-Normen müssen das Zusammenhänge wissen so aufbereiten, daß Ingenieure

damit zweckdienlich umgehen können! Der Mensch darf in seiner biologischen Vielfalt dabei nicht — wie sonst andere, in der Regel starre Konstruktionselemente — in einer „Stativfunktion“ gesehen und als solche behandelt werden. Das beste Beispiel dafür ist der Begriff „sitzen“. Erst durch die Ergänzung (Sitz)-Position wird der Dynamikbereich beschreibbar, den der kleine bis große Mensch z.B. auf einem Stuhl einnehmen kann.

Aufgrund des neu hinzukommenden Wissens über gesundheitsfördernde und gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen beruflicher Arbeit sind Ergonomie-Normen einem Wandel unterworfen; sie müssen dynamisch an den Wissensstand angepaßt werden. Langwierige Abstimmungsverfahren, insbesondere zu Definitionen, können dabei eher hinderlich sein.

Einen Schwerpunkt des zweitägigen Fachgesprächs Ergonomie bildete die aktuelle Thematik „berufsbedingte Wirbelsäulenerkrankungen“. Damit wurde dem Interesse der Unfallversicherungsträger Rechnung getragen, wie es sich auch in der Häufigkeitsverteilung des letzten Beitrages widerspiegelt (siehe Abbildung Seite 111). In diesem Zusammenhang wurde im Ergebnis der sehr anschaulichen Demonstration der Videofilme „Kreuz-Weisheiten“ und „Rückenschule“

angeregt, derartige Aktivitäten zu nutzen, um ein themenorientiertes Video mit branchenunabhängigem Lehrinhalt zu schaffen. Wie z.B. im Bauwesen praktiziert, könnten dann überbetriebliche Ausbildungszentren, insbesondere für Klein- und Mittelbetriebe, Initiative im Sinne der Aufklärung zeigen und damit einen wesentlichen Beitrag zur Prävention gesundheitlicher Schäden durch Heben und Tragen schwerer Lasten oder Arbeiten in extremen Rumpfbeugehaltungen leisten.

Abschließend waren sich die 55 Teilnehmer am Fachgespräch Ergonomie darin einig, daß ein wirksames Vorankommen auf diesem Gebiet mit dem Maßstab unterstützt wird: Was praktisch (nicht zuletzt auch wirtschaftlich gesehen) durchsetzbar ist, hat Priorität! Dabei wird motivierendes, beispielgebendes Vorgehen bei der Umsetzung ergonomischer Erkenntnisse und Kriterien in Zukunft mit eine Schlüsselrolle spielen. Die Unfallversicherungsträger sind dabei genauso wie die staatlichen Aufsichts- und Beratungsbehörden Arbeitsschutz/Arbeitsmedizin gefragt. Zudem ist Teamarbeit notwendig, um das inzwischen umfangreiche Wissen der verschiedensten Disziplinen (z.B. Physiologie, Anthropometrie, Biomechanik, Arbeitsmedizin, Arbeitsorganisation) effektiv einzusetzen. Der Erfahrungsaustausch zwischen den Mitarbeitern der Berufsgenossenschaften sollte in diesem Sinne fort-

gesetzt werden. Ergonomisch optimierte Beispiellösungen, in berufsgenossenschaftlichen Mitteilungsblättern und ergo-

nomischen Arbeitsblättern für die Betriebspraxis verständlich dargestellt, können dabei besonders hilfreich sein.

Anschriften der Autoren

Dipl.-Ing. Wolfgang Andler
Berufsgenossenschaft
Nahrungsmittel und Gaststätten
Dynamostraße 7 - 11
68165 Mannheim

Prof. Dr. Heiner Bubb
Lehrstuhl für Ergonomie
Technische Universität München
Barbarastraße 16
80797 München

Dr.-Ing. Eberhard Christ
Berufsgenossenschaftliches Institut
für Arbeitssicherheit — BIA
Alte Heerstraße 111
53754 Sankt Augustin

Dipl.-Ing. Sonja Gütschow
Bau-Berufsgenossenschaft Hamburg
Holstenwall 8 - 9
20355 Hamburg

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Kupfer
Berufsgenossenschaftliches Institut
für Arbeitssicherheit — BIA
Alte Heerstraße 111
53754 Sankt Augustin

Dr.-Ing. Karlheinz Meffert
Berufsgenossenschaftliches Institut

für Arbeitssicherheit — BIA
Alte Heerstraße 111
53754 Sankt Augustin

Dipl.-Ing. Wolfgang Pfeiffer
Berufsgenossenschaftliches Institut
für Arbeitssicherheit — BIA
Alte Heerstraße 111
53754 Sankt Augustin

Dipl.-Ing. Wolfgang Pichl
Steinbruchs-Berufsgenossenschaft
Theodor-Heuss-Straße 160
30853 Langenhagen

Dipl.-Ing. Heinz Rüschemschmidt
Maschinenbau- und Metall-
Berufsgenossenschaft
Poststraße 8
44137 Dortmund

Prof. Dr.-Ing. Helmut Strasser
Universität-GH Siegen
Institut für Fertigungstechnik
Paul-Bonatz-Straße 9 - 11
57068 Siegen

Dipl.-Ing. Jörg Weymann
Berufsgenossenschaft der Straßen-,
U-Bahnen und Eisenbahnen
Fontenay 1a
20354 Hamburg

