



EDITORIAL

Liebe Kolleginnen und Kollegen,
sehr geehrte Leserinnen und Leser,
liebe Freunde der Ergonomie,

wir freuen uns, Ihnen die nunmehr 4.
Ausgabe der Zeitschrift des Lehrstuhls
für Ergonomie überreichen zu können,
und dies in einem für die "Münchner
Ergonomie" ganz besonderen Jahr.

Unser Ordinarius, Prof. Dr. Heiner Bubbs
feierte am 12. April seinen 60. Geburts-
tag.

Am 1. April 1993 trat er seinen Dienst
am Lehrstuhl für Ergonomie als Nach-
folger von Prof. Dr. Heinz Schmidtknecht an,
er feierte also zusätzlich zu seinem run-
den Geburtstag auch noch sein zehnjäh-
riges Dienstjubiläum. Der Lehrstuhl
wurde 1962 an der damaligen TH Mün-
chen im Zusammenhang mit der Eta-
blierung des Arbeits- und Wirtschafts-
wissenschaftlichen Aufbaustudien-
ganges (AWA) neu eingerichtet, besteht
also seit 41 Jahren. Zusammen ergibt
das (60 + 10 + 41 =) 111 Jahre "Münch-
ner Ergonomie".

Das diesjährige Heft ist dem Thema
"Komfort" gewidmet. Während sich die
Produktionsergonomie nach wie vor um
schadigungslose und erträgliche Ar-
beitsbedingungen bemüht, ist die Pro-
duktergonomie im Zusammenhang mit
der Nutzerakzeptanz von neuen Produk-
ten zunehmend mit der Frage nach dem
Komfort konfrontiert.

Schon seit geraumer Zeit werden an
unserem Lehrstuhl Untersuchungen

Komfort und seine Bewertung - eine alte und neue Fragestellung der Ergonomie

Das Hauptthema „Komfort“ dieser
Ausgabe wird aus unterschied-
lichen Blickwinkeln beleuchtet

Eine Bilderbuch-Karriere:
Prof. Heiner Bubbs zum 60. Geburtstag
2

Komfort und Diskomfort
Definition und Überblick
5

Diskomfoteinfluss auf die reale
Hüftpunktlage -
Packagegestaltung und SgRP
9

Die Entwicklung eines generellen
Diskomfort-Modells für Bewegungen -
Vom statischen zum dynamischen Modell
10

Untersuchung des Einstiegsverhaltens in
einen PKW
12

Entwicklung eines Finite-Element-Modells
des Menschen zur Prognose des
Sitzkomforts
13

Das „Hedonistische Prinzip“ als Motor
autonomer Menschmodelle
15

Komfortempfinden und Nutzungsmotivation
für das Wissensmanagement
16

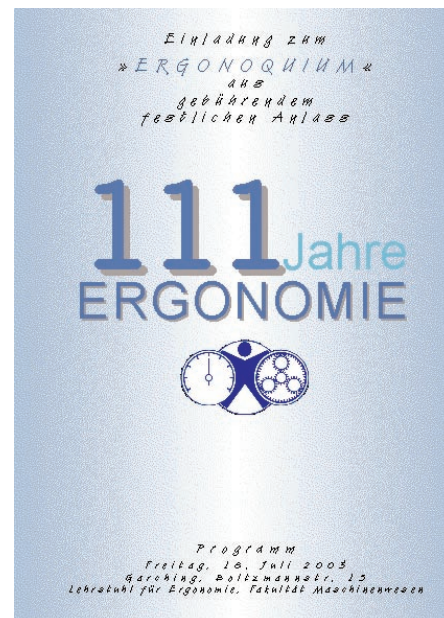
Lenkkomfort und Lenkgefühl bei
Personenkraftfahrzeugen
18

Komfort des Suchens und des Findens am
Beispiel der Suchfunktionen in EKIDES
19

Persönliches
21

GfA Frühjahrskonferenz-Nachlese
22

Impressum
21



zum Komfort durchgeführt, z.B. zum
Haltungskomfort und Sitzkomfort.

Gesundheits- und Leistungsgrenzen las-
sen sich mit vergleichsweise geringer
Unschärfe ziehen, bei Untersuchungen
zum Komfort (besser Diskomfort) tun wir
uns ungleich schwerer, abgesicherte Er-
gebnisse zu Komfortbereichen zu liefern.
Das liegt vor allem daran, dass interindi-
viduell unterschiedlich ausgeprägte
Faktoren wie körperliche Verfassung,
aktuelle Stimmungslage, der Grad der
Empfindlichkeit, Gewohnheiten, Ein-
stellungen und Erwartungen zu stark
streuenden Versuchsergebnissen führen.

Nur mit einer aufwändigen Versuchs-
technik, einer im Detail ständig weiter zu
entwickelnden Versuchsmethodik und
intelligenten Befragungstechniken versu-
chen wir, die Aufgabenstellungen zu
lösen.

In diesem Heft stellen wir Ihnen unsere
aktuellen Forschungsarbeiten zu ver-
schieden Komfortaspekten vor.

Ihr

Prof. Dr. Heinzpeter Rühmann
Extraordinarius

Prof. Heiner Bubb zum 60. Geburtstag

CHRONIK

Am 12. April 2003 feierte Prof. Heiner Bubb seinen 60. Geburtstag. In Würzburg geboren, besuchte er das Humanistische Gymnasium in Eichstätt, mit Abitur im Jahre 1962. Sein daran anschließendes Studium der Technischen Physik an der damaligen TH München, ein wenig inkonform zu seiner humanistischen Schulbildung, schloss er 1968 als Dipl.-Ing. ab. Im gleichen Jahr bewarb er sich am Institut und Lehrstuhl für Arbeitspsychologie und Arbeitspädagogik bei Prof. H. Schmidtke um eine Doktorandenstelle (man muss es heute als einen außerordentlichen Glücksfall für die "Münchner Ergonomie" werten, dass sich der angehende Doktorand damals in den Stockwerken des Institutsgebäudes verirrt; er wollte sich ursprünglich ein Stockwerk tiefer, bei der Arbeitsphysiologie von Prof. Müller-Limmroth bewerben).

Im Jahre 1975 schloss Heiner Bubb seine Dissertation zum Thema "Untersuchung über die Anzeige des Bremsweges im Kraftfahrzeug" mit Auszeichnung und dem Dr. rer. nat. ab.

Beinahe Schlag auf Schlag legte er 1977 seine Habilitationsschrift "Ergonomie des Mensch-Maschine-Systems" vor und erwarb in der Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (WiSo) die Lehrbefähigung für das Fachgebiet Ergonomie. Im Jahre 1980 wurde er an seinem zwischenzeitlich umbenannten Lehrstuhl für Ergonomie als Univ.-Prof. (C2) übernommen.

Im Jahre 1985 folgte Herr Bubb dem Ruf auf die Professur für Arbeitswissenschaft (C3) an der Katholischen Universität Eichstätt (KUE), um dann 1993 in das "Ergonomienland" in München zurückzukehren. Am 1. April 1993 trat er den Lehrstuhl für Ergonomie, der zwischenzeitlich seine



Heimat in der Fakultät für Maschinenwesen gefunden hatte, als Ordinarius und Nachfolger seines Lehrers Prof. Schmidtke an.

Eine Bilderbuchkarriere!

WISSENSCHAFT

Wie bei allen "heurigen Hasen" (O-Ton Prof. Schmidtke) begann Heiner Bubbles akademische Laufbahn als wissenschaftliche Hilfskraft. Ihm wurde zunächst die Betreuung des damals neu angeschafften Analogrechners (Telefunken RA 770) übertragen, den er schon nach kurzer Zeit virtuos programmieren und einer ganzen Reihe von Doktoranden wertvolle Hilfestellung im Rahmen ihrer eigenen Arbeiten leisten konnte.

Manchmal erzählt der Jubilar noch heute, wie froh er damals war, als ihm dann Prof. Schmidtke ein Kraftfahrzeug bezogenes Dissertationsthema (Anzeige des Bremsweges im Kfz) vorschlug. Nur derjenige, der seine Leidenschaft für Autos kennt, kann diese Freude nachempfinden. Bei der vorgeschlagenen Idee, unterschiedliche Straßenzustände (trocken, nass, glatt) an einem Drehknopf einstellen zu können, für die dann in Abhängigkeit von der momentan gefahrenen Geschwindigkeit

der Bremsweg berechnet wird, sträubten sich ihm als Physiker allerdings die Nackenhaare. Seine Idee war, den Kraftschlussbeiwert zwischen Rad und Straße aus Antriebsschlupfmessungen während der Fahrt zu ermitteln. Auf der damals noch nicht für den Verkehr freigegebenen Autobahn München-Starnberg fanden spektakuläre Messfahrten mit dem Versuchsfahrzeug statt (Bild 1), die am Analogrechner ausgewertet wurden und zur Entwicklung einer Gleichung zur Approximation des Kraftschlussbeiwertes führten. Neben der Lösung der physikalisch-technischen Fragestellung interessierte sich Heiner Bubb für die zu wählende Anzeigeform des momentan zu erwartenden Bremsweges. Die ergonomischste Lösung fand er mit dem Head-Up-Display (HUD), das die Bremswegdistanz als Lichtbalken auf der Straße darstellte (Kontakt analoge Anzeige, Bild 2). Zum damaligen Zeitpunkt konnte er nicht abschätzen, dass seine Idee der Zeit weit voraus war. Es wurden zwar einige Versuchsfahrzeuge in Zusammenarbeit mit der BMW AG mit der HUD-Technik ausgerüstet, aber erst in diesem Jahr stellte BMW den neuen 5er mit dieser Anzeige-



Bild 1. Versuchsfahrzeug mit Messanbau



Bild 2. Kontakt analoge Anzeige



Bild 3. HUD 5er BMW



Bild 4. Sidestick-Lenkung

technologie vor (Bild 3). Nach seinen Worten bedarf es einer "Infiltrationszeit" von etwa zwei Jahrzehnten bis ein wissenschaftliches Ergebnis in der Produktgestaltung umgesetzt wird. Womit sich Heiner Bubbs Mitte der 70er Jahre intensiv beschäftigte, ist heute ein hochaktuelles Thema bei den Automobilherstellern - die Optimierung des Mensch-Maschine-Interfaces (MMI), vornehmlich unter Komfortaspekten.

Neben seiner Dissertation widmete er sich dem Aufbau zahlreicher Simulatoren, die u.a. auch in dem neu aufzubauenden Ergonomischen Praktikum eingesetzt wurden. Sein Interesse war dabei überwiegend solchen Einrichtungen gewidmet, die direkt oder indirekt etwas mit dem Autofahren zu tun hatten (Tracking- und Fahr-simulatoren). Die Symbiose des vor Ideen sprühenden Physikers (der Jubilar) mit dem Maschinenbauer (der Laudator), der die Ideen mit Maschinenelementen verwirklichte, war außerordentlich fruchtbar und verschaffte dem Lehrstuhl in vergleichsweise kurzer Zeit bemerkenswerte Versuchseinrichtungen.

In seiner Habilitationsschrift wendete Heiner Bubbs systemtechnisches Denken auf das Gebiet der Ergonomie an und schuf die Basis für seine eigene Sichtweise und Präzisierung der "Systemergonomie" mit dem Ziel, konkrete Richtlinien für die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle an Produkten und Fertigungseinrichtungen zu erarbeiten.

Aufbauend auf Grundlagenuntersuchungen über die menschliche Regelleistung in Abhängigkeit von den dynamischen Eigenschaften der Maschine und den mechanischen Eigenschaften von Stellteilen wurde das aus systemergonomischen Überlegungen ableitbare Konzept des aktiven Stellteils von ihm in zwei Dissertationen vorangetrieben. Schon vor einiger Zeit hat DaimlerChrysler ein Versuchsfahrzeug mit Sidestick-Lenkung ("Drive-by-wire") aufgebaut, mit der der Fahrer das Fahrzeug buchstäblich im Griff hat (Bild 4).

In Folge seiner Veröffentlichungen zum Thema "Systemergonomie" auf verschiedenen Gebieten, wurde ihm in seiner Eichstätt Phase die Obmannschaft im VDI-Arbeitskreis "Menschliche Zuverlässigkeit" übertragen. Die Ergebnisse dieser Arbeitsgruppe wurden u.a. in einem Buchband und in einem eigenen Abschnitt im Handbuch der Ergonomie veröffentlicht. In diesem Kontext entstand in Eichstätt auch eine Dissertation über den Zusammenhang von Kompatibilität und Zuverlässigkeit.

In München, aber auch in Eichstätt hat Heiner Bubbs anthropometrische Untersuchungen zur korrekten Handhabung der "Kieler Puppe" (zweidimensionale Zeichenschablone der menschlichen Gestalt, DIN 33 408) durchgeführt, wobei er bei der Analyse von Körperhaltungen und -bewegungen mit diesem einfachen Konstruktionswerkzeug auf unüberwindbare Schwierigkeiten stieß. In einer von ihm angeregten Diplomarbeit (1985) wurde deshalb ein dreidimensionales anthropometrisch anpassbares Rechner-Modell des Menschen entwickelt, das den Fotografien realer Personen überlagert werden konnte, um die Gelenkwinkel räumlich zu erfassen (Bild 5).

Diese ersten Arbeiten zur Menschmodellierung bildeten die Basis für die Akquirierung eines von der deutschen Automobilindustrie (FAT) geförderten Projektes zur Entwicklung eines "Softdummies" für CAD-Anwendungen bei der Package-Auslegung von Kraftfahrzeugen.

Heiner Bubbs ist der geistige Vater von RAMSIS (**R**echner gestütztes **A**nthropologisch **M**athematisches **S**ystem zur **I**nsassen-**S**imulation), das heute weltweit als CAD-Tool in der Automobilindustrie eingesetzt wird. Trotz seiner heute schon beachtlichen Leistungsfähigkeit muss sein virtuelles Kind noch viel lernen: sich bei Körperkontakt zu verformen, Bewegungen und Kräfte in Abhängigkeit von äußeren Bedingungen zu realisieren. Diese Aspekte werden in einer Reihe von Dissertationen

sowie im Rahmen des EU-Projektes "Real Man" aktuell bearbeitet.

Parallel zu RAMSIS wurde unter seiner Regie PCMAN entwickelt, sozusagen der zu RAMSIS korrespondierende "1:1-Messknecht" für anthropometrische Untersuchungen (Körpermaße, -haltungen und -bewegungen), ein weltweit einmaliges berührungslos arbeitendes Analysesystem (Bild 6).

Auf dem Gebiet der informationstechnischen Gestaltung engagiert sich Heiner Bubb u.a. in der Entwicklung und Bewertung von Assistenzsystemen im Kraftfahrzeug (z.B. Automotive Cruise Control (ACC), Heading Control), welche die aktive Sicherheit verbessern sollen.

In weit über 50 originären Publikationen und vier Buchherausgaben hat er seine wissenschaftlichen Ergebnisse veröffentlicht. Seine Präsenz auf nationalen und internationalen Kongressen hat der "Münchner Ergonomie" weltweites Ansehen verschafft.

LEHRE

So breit wie sein Forschungsgebiet ist, so weit gefächert ist auch sein Lehrangebot für Maschinenbau- und Lehramtsstudenten: Neben Grundlagen ("Arbeitswissenschaft/ Ergonomics", "Technologie", "Technologie und Ergonomie") werden auch anwendungsbezogene Teilgebiete wie "Produktergonomie" und "Softwareergonomie" behandelt. Seine Vorlesungen sind beliebt, gut besucht und werden hervorragend evaluiert. Es gehört wohl zu den Vorzügen eines Physikers, komplizierte Sachverhalte in klarer und verständlicher Sprache zu vermitteln.

VERWALTUNG UND GREMIEN

Angesichts seines wissenschaftlichen Engagements fragt man sich, woher er die Zeit nahm, sich so vielen Ämtern innerhalb und außerhalb der Hochschule zu widmen. Es würde tatsächlich den Rahmen dieser Würdigung sprengen, seine diesbezüglichen Aktivitäten aufzuzählen. Zu den

wichtigsten zählen: Dekan und Prodekan der Philosophisch-Pädagogischen Fakultät der KUE (1987-1992), Vorstandsmitglied, Präsident und Vizepräsident der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA), Chairman der WG "Human Reliability" der International Ergonomic Association (IEA), Vorsitzender des Diplomhauptprüfungsausschusses der Fakultät Maschinenwesen an der TUM, Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirates des Lenkungsausschusses für die Weiterentwicklung Softdummy der Fa. Tecmath (heute Human Solutions) in Kaiserslautern.

LEHRSTUHL

Als Heiner Bubb vor 10 Jahren (am 1. April 1993) seinen Dienst am Lehrstuhl für Ergonomie antrat, war ihm das "schwere Erbe" bewusst. Schließlich war der Lehrstuhl von Prof. Schmidtke in Deutschland nicht nur einmalig in seiner Ausrichtung, sondern gehörte gleichzeitig zu den renommiertesten in der arbeitswissenschaftlichen Landschaft. Dies war für ihn Verpflichtung und Herausforderung zugleich. Die nach allen Seiten offene, kollegiale und freundschaftliche Atmosphäre am Lehrstuhl war ihm ja vertraut und er wusste auch, dass sich diese zwischenmenschlichen Beziehungen nur in einer flachen Hierarchie entwickeln

und erhalten können und gleichzeitig auch einen Garant für neue Ideen und für effektives wissenschaftliches Arbeiten bilden.

Die wenigen, von ihm eingeführten Formalien - eine monatliche Mitarbeiterbesprechung und ein von der Drittmiteleinwerbung abhängendes Prämiensystem, das aktiven Mitarbeitern die Erfüllung ihrer Wünsche zur individuellen Arbeitsplatzausstattung ermöglicht - sollten die Transparenz nach innen und die Effektivität nach außen noch steigern. Seine

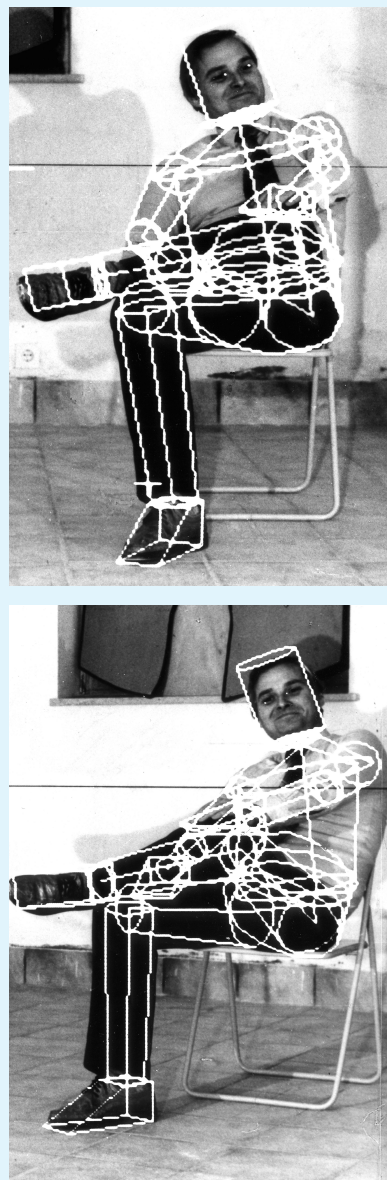


Bild 5. 3-D Rechner Modell

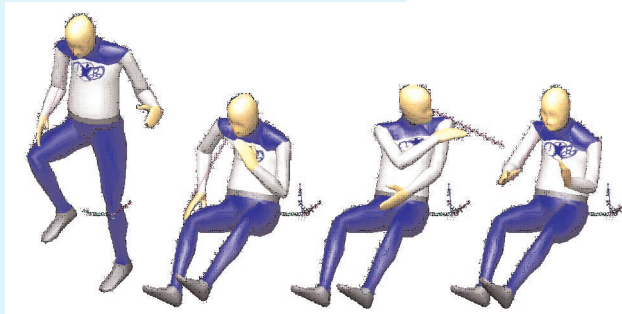
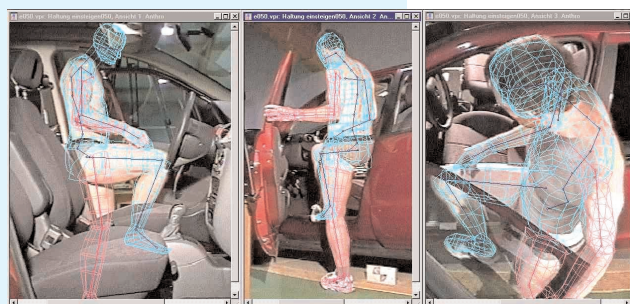


Bild 6. PCMAN / RAMSIS

Rechnung ging in jede Richtung auf. Innerhalb der Fakultät Maschinenwesen liegt der "Leistungsindex" seines Lehrstuhls im oberen Drittel und weltweit genießt die "Münchener Ergonomie" außergewöhnliches Ansehen.

Sein Führungsstil ist kooperativ, kaum wahrnehmbar, aber sehr effektiv. Von einem unserer Lehrer (Prof. August Sahm) haben wir gelernt, dass der kooperative Führungsstil von Delegation geprägt ist. Nur in diesem einen Punkt hat Heiner Bubb "Defizite" - er macht am liebsten alles selbst.

PERSÖNLICHES

Loyalität, Verstand, Offenheit und Hilfsbereitschaft und sein Humor, der ihn auch in extremen Belastungssituationen nicht verlässt, sind die herausragenden Tugenden von Heiner Bubb, die ihm überall Sympathien verschaffen und maßgeblich zu einer Atmosphäre am Lehrstuhl beitragen, die so manchen Doktoranden veranlasst, seine Dissertation weit über die ihm gesetzte "Deadline" zu verschleppen.

Persönlich blicke ich auf eine nun 33 Jahre lang währende Freundschaft zurück, die sicher über unser beider Ausscheiden am Lehrstuhl Bestand haben wird.

WÜNSCHE

Zu seinem 60. Geburtstag gratulieren wir ihm sehr herzlich!

Gesundheit und familiären Rückhalt als die wohl wichtigsten Voraussetzungen für beruflichen Erfolg wünschen wir ihm von ganzem Herzen.

Sein Engagement in der Wissenschaft, in internen und externen Gremien und sein unbändiger Arbeitseifer werden weiterhin nicht zu bremsen sein (manchmal wäre hier eine Bremsanzeige außerordentlich hilfreich). Der immer wieder an ihn gerichtete Wunsch, in der "Restlaufzeit" auf etwas niedrigere Drehzahlen zu gehen, wird für immer ein frommer Wunsch bleiben.

Heinzpeter Rühmann

KOMFORT UND DISKOMFORT

Definition und Überblick

Heiner Bubb

Aus der Sicht des Käufers beziehen sich die Anforderungen an moderne Produkte nicht nur auf deren Qualität, d. h. die Bereitstellung und Sicherstellung einer zuverlässigen Funktion sondern auch auf den komfortablen Umgang mit diesen. Die zunehmende Perfektionierung, die die Elektronifizierung der Produkte mit sich bringt, lässt in besonderem Maße die Forderung nach Handhabbarkeit aufkommen, also u.a. die Frage nach dem sog. Bedienkomfort. Aber auch bei der Gestaltung von sonstigen Produkten, die mit dem Menschen in Kontakt kommen, spielt die gezielte Komfortoptimierung eine immer bedeutendere Rolle. Wir wollen komfortable Körperhaltungen beim Umgang mit Produkten, wir wollen komfortabel sitzen und auch die Arbeitsumgebung soll möglichst komfortabel sein. All diese Anforderungen stellen eine neue Herausforderung für die Ergonomie dar, die aufgerufen ist, sich aus wissenschaftlicher Sicht mit dem Komfort zu befassen und daraus einen Anforderungskatalog möglichst messbarer Kriterien zu erarbeiten.

Zunächst ist erst einmal zu klären, was denn überhaupt unter Komfort zu verstehen ist. Nach heutiger Erkenntnis kann man es sich offensichtlich nicht mehr so einfach machen wie Herzberg (1958), der Komfort schlicht als Abwesenheit von Diskomfort definierte - eine Auffassung, die allerdings auch heute noch bei der Präsentation experimenteller Erhebungen, die Komfortaspekte zum Gegenstand haben, implizit vertreten wird. Komfort ist vielmehr ein eher diffuser Begriff: er bedeutet im heutigen Sprachgebrauch soviel wie Behaglichkeit, Bequemlichkeit und Zufriedenheit, bezieht sich aber auch auf die Beurteilung des Luxus einer Ausstattung. Im Dritten Internationalen Lexikon der englischen Sprache (1981) wird dementsprechend Komfort definiert als "ein Zustand der Entlastung (relief), der Förderung (encouragement) und des Gefallens (enjoyment)".

Um jedoch Komfort technisch operabel zu machen, ist genauer festzulegen, welche Bereiche der Begriff Komfort umfasst. Es lohnt dafür, die Gebiete zu betrachten, die schon immer in den hohen Schulen Gegenstand der Betrachtung waren. Es sind dies:

- **die Wissenschaft:** Sie beschäftigt sich unter allen denkbaren Aspekten mit der Funktion und der Bedingtheit, kurz mit dem Gefüge der Welt. Man unterscheidet grob Geisteswissenschaften, die sich unter dem vorgenannten Aspekt mit der Frage des "Wozu?", bzw. des "Warum?" beschäftigen und Naturwissenschaften, deren Ziel die Aufdeckung des "Wie?" ist.
- **die Kunst:** Sie bietet unmittelbare Eindrücke für die Sinnesorgane Auge und Ohr, die auf psychisch/seelischer Ebene gefallen bzw. wachrütteln und emotional auf bestimmte Probleme aufmerksam machen sollen.
- **Sport und Spiel:** Sie geben Regeln und Überlegungen, wie eine positive Lebenserfüllung in der Zeit erreicht werden kann.

Von diesen Teilaspekten menschlichen Lebens bezieht sich der Kom-

fort auf ein Grenzgebiet zwischen dem naturwissenschaftlichen "Wie", dem künstlerischen "Gefallen" und der positiven Lebenserfüllung. Daraus wird die nicht vollständig naturwissenschaftliche Erfassbarkeit des Komforts bereits offensichtlich. Komfort muss jedoch - wie jede andere Empfindung auch - durch unterschiedliche Eindrücke auf die menschlichen Sinnesorgane zustande kommen, wobei das dabei Entstandene mehr ist als die Summe der Teile. Die dabei vorrangig eine Rolle spielenden Sinnesorgane sind Auge und Ohr aber auch das Vestibularorgan (Wahrnehmung von Eigenbewegung) und die sog. Mechanorezeptoren (Vibration, Wahrnehmung von aufzubringenden Kräften u.ä.) sowie die Sinnesorgane, die Information über die klimatischen Bedingungen vermitteln (Thermorezeptoren). Das Problem einer allgemeingültigen Bewertung besteht aber sicherlich darin, dass zu diesen eher rationalen Eindrücken auch noch Aspekte subjektiver Stimmung, Einflüsse der sog. Tagesform, Vorstellungen und Erwartungen hinzukommen. Dabei besteht offensichtlich eine Hierarchie der Empfindungsbereiche, die sich z. B. in Befragungen dadurch äußert, dass solche Dinge vorrangig als komfortrelevant genannt werden, die (noch) unbefriedigt sind, während "bereits erledigte" Dinge ungenannt bleiben (Krist, 1993). Diese Hierarchie erinnert stark an die Maslowsche Bedürfnishierarchie (1978), die einen Erklärungsversuch für die menschliche Motivation darstellt. Nach ihr müssen "höhere" Motivatoren wie Streben nach Selbstverwirklichung oder Streben nach höherer Wertschätzung der eigenen Person unwirksam bleiben, wenn "niedrige" Motivatoren, wie das physiologische Bedürfnis nach Nahrung unbefriedigt bleibt. Ebenso scheint es beim Komfort zu sein: bei Befragungen werden vorrangig Dinge wie "schön", "bequem" allgemein genannt, gefolgt von anthropometrischen Bedingungen hinsichtlich der Körperhaltung und der benötigten Kräfte, den klimatischen

Bedingungen, weniger das Geräusch und sehr selten die mechanischen Schwingungen, überhaupt nicht die Beleuchtung (siehe Krist, 1993). Auch Zhang, Helander und Dury (1996) haben sich in experimentellen Studien mit dieser Frage befasst. Aufgrund einer Clusteranalyse von Antworten in Befragungsexperimenten kamen sie zu der Feststellung: "Komfort und Diskomfort stellen zwei unterschiedliche Dimensionen dar: Diskomfort ist vor allem mit physiologischen und biomechanischen Faktoren verbunden, Komfort hingegen hauptsächlich mit Aspekten der Ästhetik". Man könnte also das Ergebnis auf den Punkt bringen, indem man festhält, dass Diskomfort und Komfort zwei orthogonale Größen darstellen, wobei Diskomfort etwas mit dem "Erleiden" zu tun hat, während Komfort sich auf das "Gefallen" bezieht.

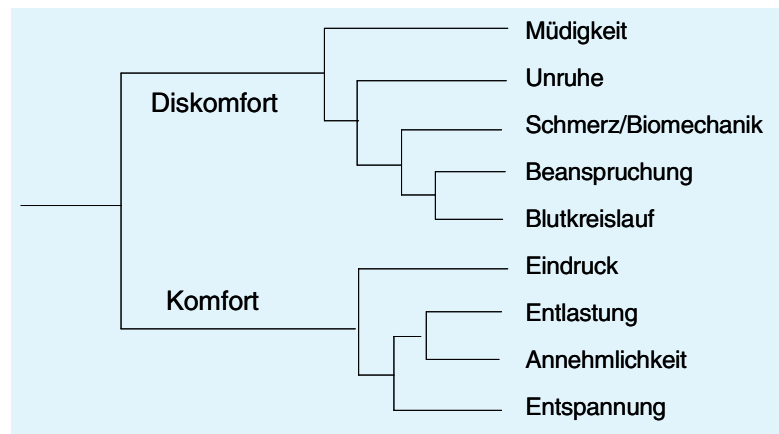


Abb. 1: Ergebnis der Clusteranalyse in den Experimenten von Zhang, Helander und Dury (1996)

Abbildung 1 zeigt in der so definierten Diskomfort/Komfort-Fläche als (gedachtes, extremes) Beispiel die Position eines rasanten Sportwagens, der zwar beträchtlichen Diskomfort durch ungünstige Sitzposition auf harten Sitzen in Verbindung mit einem harten Fahrwerk sowie lauten Motor verursachen kann, jedoch aufgrund seiner Form und speziell des Flairs, das er vermittelt, also des "Image", das mit ihm verbunden wird, dennoch ein hohes Komfortniveau erreichen kann.

Mit den naturwissenschaftlichen Methoden der Psychophysik, die eine wesentliche Grundlage für ergonomische Forschung darstellen, lässt sich demnach nur der Bereich des Diskomforts untersuchen. Dies ist durch die graue Unterlegung in Abbildung 2 zum Ausdruck gebracht. Die mit psychophysischen Methoden erforschbare Komfortpyramide kann sich somit nur auf den Diskomfort beziehen. Ziel der Komfortoptimierung muss es also sein, den Diskomfort - so weit es möglich ist - zu minimieren und zugleich durch Bereitstellen einer akzeptablen Ästhetik den Komfort zu erhöhen. Die Darstellung der Abbildung 2 zeigt zugleich die enge Verbindung zwischen der naturwissenschaftlich orientierten Ergonomie und dem künstlerisch orientierten Industrial Design.

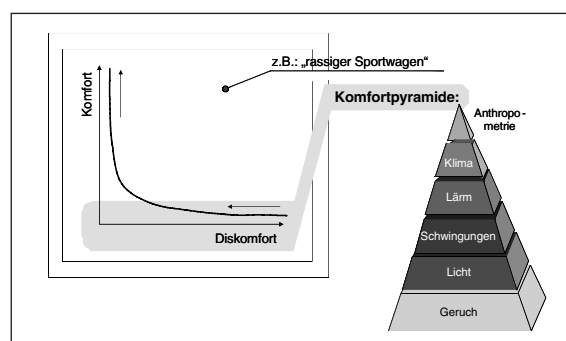


Bild 2. Komfortpyramide

Auch der Bedienkomfort ist unter dem Aspekt des Komfort/Diskomfort-Modell zu sehen. Es kann hier ebenfalls unterstellt werden, dass mit den naturwissenschaftlichen Methoden nur der Diskomfort einer unzureichenden Bedienung optimiert werden kann, wobei zugleich die Forderung nach ästhetischer Zufriedenstellung erhoben werden muss. Aus merkantilen Gründen

wird dabei häufig dem Ästhetischen größeres Gewicht gegeben, weil nach aller Erfahrung die Kaufentscheidung emotional erfolgt. Was aber die Dauerzufriedenheit und damit die Wahrscheinlichkeit der Wiederentscheidung für den Hersteller des entsprechenden Produktes anlangt, dürfte der Diskomfort, der hier durch das Maß der Abwesenheit von Handhabbarkeit charakterisiert ist, dann aber die dominante Rolle spielen.

Nach einem hierarchischen Modell von Haider (1977) wird die Handhabbarkeit eines Produktes oder eines Produktionsprozesses für den Operateur durch den Grad der Erfüllung des Bedürfnisses nach Kontrolle der ihn umgebenden Welt bestimmt. Dieses Bedürfnis nach Kontrolle wird in folgenden hierarchisch aufeinander aufbauenden Stufen zufrieden gestellt: in der Unterstufe muss das Verhalten wenigstens durchschaubar sein, d.h. der Operateur muss zumindest den groben Zweck des Produktes erfassen können. Die nächste Stufe stellt die Vorhersagbarkeit dar; sie erlaubt die Reaktion auf einen Bedieneingriff vorauszusagen und bewahrt so vor überraschenden Reaktionen. Die höchste Stufe stellt die Beeinflussbarkeit dar, die es in vollem Umfang ermöglicht, das eigene Ziel mit dem verfügbaren Mittel zu erreichen. Dies alles dient dem generellen Zweck, das Bedürfnis zu befriedigen, ein zusammenhängendes sinnvolles Verständnis der umgebenden Welt zu erhalten. Im Rahmen der Systemergonomie wird versucht, Regeln aufzustellen, mit deren Hilfe diesen Forderungen nachprüfbar nachgekommen werden kann.

Der Bereich des durch die Körperhaltung bedingten Diskomfort in den natürlich auch der Körperkontakt mit der Umgebung eingeht (insbesondere Sitzgestaltung), ist schon seit längerer Zeit Gegenstand intensiver Forschung am Lehrstuhl für Ergonomie. Um diesen Bereich genauer und insbesondere reproduzierbar zu untersuchen, wurde sogar ein eigener Forschungsstuhl konzipiert und gebaut

LITERATUR:

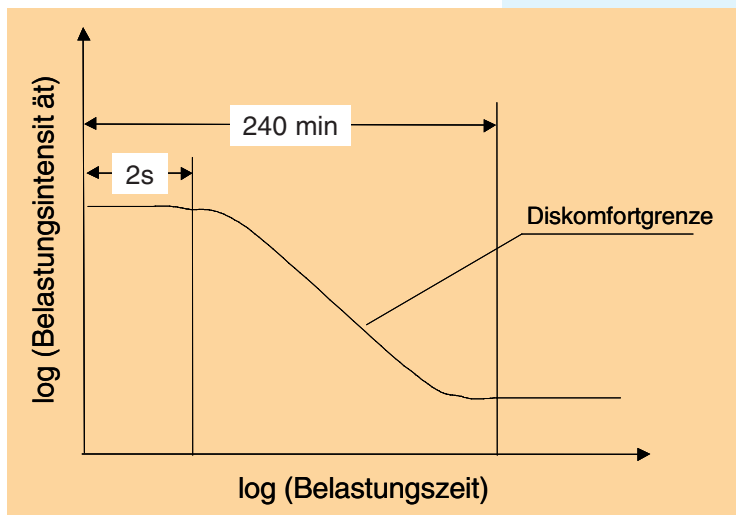
- Bubb, H. (1977):
Analyse der Geschwindigkeitswahrnehmung im Kraftfahrzeug. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft (31), 103 - 111
- Bubb, H. (1980):
Ergonomische Bewertung von Umwelteinflüssen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 34 (6 NF); 26 - 30,
- Dritten Internationalen Lexikon der englischen Sprache (1981)
- Estermann, S. (1999):
Komfortmodellierung für den 3D-Softdummy RAMSIS unter realen Fahrbedingungen. Dissertation an der TU-München
- Haider, E (1977):
Beurteilung von Belastung und zeitvariabler Beanspruchung des Menschen bei kompensatorischer Regeltätigkeit; Simulation, Fallstudien, Modelle. VDI-Verlag Düsseldorf
- Herzberg, H. T. E. (1958):
Seat comfort. In: Hansen, R. (Hrsg.): Annotated Bibliography of Applied Physical Anthropology in Human Engineering. Wright Air Development Center, Dayton, Ohio, pp. 297 - 300
- Hesse, J. (1994):
Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Gehörschädlichkeit von Impulsschall. Dissertation an der Universität-Gesamthochschule Siegen
- Krist, R. (1993):
"Modellierung des Sitzkomforts- Eine experimentelle Studie", Dissertation der Phil.-Päd. Fakultät der KU Eichstätt.
- Maslow, A. H. (1978):
Motivation und Persönlichkeit. Walter Verlag, Olten und Freiburg im Breisgau
- Zhang, L.; Helander, M. G.; Drury, C. G. (1996).
Identifying Factors of Comfort and Discomfort in Sitting. In Human Factors 38(3), S. 377-389
- Balzulat, Jochen (Dissertation wurde am 18. 02. 2000 angenommen):
Ein holistischer Versuchsansatz zum Sitzverhalten

(Balzulat, 2000), der es ermöglicht, rechnergesteuert unterschiedliche Sitzformen und Polstereigenschaften zu simulieren. Ein großer Teil der in diesem Heft wiedergegebenen Artikel enthält Forschungsarbeiten, die die Fähigkeiten dieses Stuhles nutzen (Hartung, Mergl). Grundlage für die wissenschaftliche Behandlung auch in diesem Bereich ist die bereits angesprochene Vorgehensweise der Psychophysik, die den Zusammenhang zwischen objektiv messbarer Belastung und subjektiver wahrgenommener Beanspruchung durch einen Potenzansatz mathematisch zu beschreiben versucht. Wenn man nun noch speziell unterstellt, dass die Belastung sich aus der sog. Belastungshöhe und der Belastungszeit zusammensetzt, so erhält man in logarithmischer Darstellung nach links abfallende Geraden, deren Lage durch die Beanspruchung (wegen der Allgemeingültigkeit als "bewertete Belastung" bezeichnet) bestimmt ist (Bubb, 1980).

Dieses Modell bedarf allerdings bei genauerem Hinsehen wesentlicher Modifikationen. So wird z.B. durch dieses Modell das Phänomen der Adaptation nicht ausreichend berücksichtigt, denn bei plötzlicher Änderung des Reizniveaus, tritt bei allen Sinnesorganen eine reizniveau- und reizartspezifische Adaptationszeit auf, in der ein gewisser Gewöhnungseffekt an das Reizniveau erfolgt. Bei Kurzeiteinflüssen spielt zudem u.U. die Impulswirkung der Belastungshöhe die entscheidende Rolle. Dies wird besonders bei Untersuchungen zu Schalleinwirkungen deutlich (Hesse, 1994). Aber auch bei Langzeiteinwirkungen kommt ein Gewöhnungseffekt zustande, der sich in der Form beschreiben lässt, dass nun der Faktor Zeit keinen weiteren Einfluss mehr hat, sondern nur noch die Belastungshöhe. Estermann (1999) konnte in seine Untersuchungen zum Sitzdiskomfort in Übereinstimmung mit anderen früheren ergonomischen Erfahrungen finden, dass der Übergang dazu bei Einwirkungszeiten um 240

min (4 Stunden) liegt. Abbildung 3 fasst für die Diskomfortgrenze diese Überlegungen zusammen.

Bild 3. Diskomfortgrenze in Abhängigkeit von Belastungshöhe und Belastungszeit, unter Berücksichtigung von Kurzzeit- und Langzeiteinflüssen.



Der Aspekt der Erwartung spielt bei der Beurteilung von Umwelteinflüssen eine zusätzliche wichtige Rolle, denn die Einflüsse Beleuchtung, Geräusch, mechanische Schwingungen haben neben dem störenden Charakter auch bei der Nutzung vieler technischer Geräte auch einen Rückmeldecharakter, d. h. die von ihnen getragene Information wird in dem Interaktionsprozess herangezogen. Wie Untersuchungen am Fahrsimulator zeigen, ist das Geräusch für die korrekte Empfindung der Geschwindigkeit bedeutsam (Bubb, 1977) und die "mechanischen Schwingungen" für die korrekte Empfindung des Bewegungszustands des Fahrzeugs. Die besondere Doppelleigenschaft dieser Umweltgrößen hat im Fahrzeug z.B. zur Folge, dass sie für den Fahrer, der ihren Rückmeldecharakter benutzt, anders zu behandeln sind als für den Passagier, der ihren Einfluss gegebenenfalls nur "erleidet".

Alle zuvor genannten Einflüsse haben nicht nur einen Diskomfortaspekt, sondern auch einen Komfortaspekt, also einen Aspekt des Gefallens. Wie das Beispiel der Musik (eine besondere Form von Geräusch!) eindrucksvoll zeigt, ist diese Gefallenswirkung individuell stark unterschiedlich. Das Beispiel weist aber auch darauf hin, dass dennoch ein gewisser Konsens größerer

Bevölkerungsgruppen existieren muss (siehe durchschnittliches Musikprogramm von Radiosendern mit Unterhaltungsprogrammen), der allerdings stark der Mode unterworfen ist. Damit ist bereits plakativ gezeigt, von welchen Bedingungen der Komfort abhängt und wie wenig er mittels gültiger naturwissenschaftlich gewonnener Erkenntnisse gestaltet werden kann. Es stellt zweifellos eine zukünftige und bis heute noch nicht zufriedenstellende Herausforderung der Ergonomie dar, eine "Versöhnung" des künstlerischen Anspruches, der durch die Achse des Komfort charakterisiert ist mit den naturwissenschaftlich begründeten Anforderungen, die durch die Achse des Diskomforts charakterisiert werden, zu versuchen. Aus der Sicht des diesen Überlegungen zugrunde liegenden kognitiven Informationsverarbeitungsmodells erscheint es aber dennoch selbstverständlich, dass oberstes Designgebot sein sollte: "Die Form folgt der Funktion". Denn in allen Fällen, wo dieser Regel nicht entsprochen wird, besteht die Gefahr, dass in der gegebenen Situation der Ärger über die Nichtfunktion, die schlechte Bedienbarkeit, das Klappern, die blendenden Reflexionen u. ä. über die Freude an dem gelungenen Design dominiert. Bei alledem ist auch eine gewisse Ehrlichkeit angebracht. Es macht wenig Sinn, mit billigen Materialien den

Eindruck eines teuren Produktes vorzutäuschen. Ein preisgünstiges Produkt darf dies durchaus auch im Design zur Schau stellen. Es wird dadurch sehr viel eher ein eigenständiges Image bekommen, als wenn es sich mit "falschen Federn schmückt".

Mit den zuletzt dargestellten Gedanken ist eine weitere Problematik angesprochen. Nur in wenigen Fällen sieht man einem Objekt den Wert - und damit ist auch der Kaufwert gemeint - an. Diesen Wert "weiß" man, d. h. der Hersteller kann durchaus durch die Preispolitik die imagedrängende Wertzuweisung beeinflussen. Dies gelingt allerdings nicht in beliebigem Maße. Es ist dies unter anderem eine Frage des Productplacements und damit auch des Marketings, was hier nicht weiter behandelt werden soll. Wenn allerdings die so beeinflusste Komforterwartung auf der Achse des Diskomforts nicht erfüllt wird (siehe "Sollkurve" in Abbildung 2), dann kann dies für das Markenimage schwerwiegende Folgen haben. Das Interessante an der Gestaltung jedes Produktes ist aber ganz sicherlich: es stellt nicht nur Ansprüche an die ingenieurmäßig-wissenschaftliche Seite, wobei hier ein besonderer Teilaspekt die Schnittstelle zum Benutzer, dem Menschen ist, sondern auch an die künstlerisch-gestalterische Seite. Die Forderung, diesen Doppelanspruch zu erfüllen, wird auch in Zukunft immer wieder neue Antworten auf die stetig gleiche Frage nach der optimalen Gestaltung hervorbringen.

Die Ergonomie ist in besonderem Maße aufgefordert, auch hierfür Regeln zu entwerfen.

DISKOMFORTEINFLUSS AUF DIE REALE HÜFTPUNKTLAGE

Thomas Seitz



Bild 1. SAE-Sitzmaschine, Typ I.

Bei der Auslegung des Cockpits von PKWs spielt der sog. Seating Reference Point (SgRP) eine entscheidende Rolle, insbesondere bei der Frage, wie die Lage einer Person im Fahrzeug bzgl. des Sitzes respektive des gesamten Packages ist. Heute wird weltweit bei allen Autoherstellern der SgRP nach SAE J826b verwendet. Der SgRP definiert die Lage des Hüftzentrums eines Standardprobanden gegenüber dem Sitz und stellt somit die physikalische Kopplung zwischen Mensch und Sitz dar. Ausgehend von diesem Referenzpunkt werden bei der Fahrzeugauslegung die Positionen von Bedienelementen, wie Lenkrad, Handbremse oder Knöpfe des Armaturenbretts, sowie Freiräume, wie Kopf-, Knie- oder Armfreiheit, ausgelegt.

Die Richtlinie SAE J826b sieht zur Findung des SgRP ein spezielles Messverfahren mit Hilfe der sog. SAE-Sitzmaschine vor (Abbildung 1). Diese Sitzmaschine besteht aus einer Rücken- und Gesäßschale, welche in Form und Gewicht eine sitzende Person simulieren soll. Durch Einsetzen der Sitzmaschine und Durchführen eines definierten Einsitzverfahrens wird für einen individuellen Sitz der SgRP ermittelt.

Da die SAE-Sitzmaschine weder die anthropometrische Variation noch die tatsächlichen Haltungen der Population repräsentiert, stellt sich die Frage, inwieweit der SgRP der Realität nahe kommt, insbesondere, wo die tatsächliche Hüftzentrumslage eines Probanden ist. Am Lehrstuhl für Ergonomie liefen hierzu zahlreiche Reihenuntersuchungen, die bei einer vom Probanden selbst gewählten Sitzhaltung und -einstellung für Fahrersitze die reale Hüftzentrumslage (H-Punkt) be-

stehend einzustellen. Nach einer gewissen Eingewöhnzeit, die den Probanden durch eine Fahraufgabe verkürzt wurde, wurde die Haltung der Probanden mit Hilfe des PCMAN-Messsystems ermittelt und die Lage des H-Punkts bestimmt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen einheitlich, dass eine erhebliche Streuung der H-Punktlagen in vertikaler (Fahrzeug-Z-Achse) und horizontaler (Fahrzeug-X-Achse) Richtung auftritt (Abbildung 2). Bei genauerer Betrachtung der Verteilungen wurde festgestellt, dass die vertikale Lage des H-Punkts vor allem von der Korpulenz des Probanden abhängt. Diesen Sachverhalt würde man auch ad hoc vermuten, da in Z-Richtung nur die Gravitation wirkt und sich deshalb ein Kräftegleichgewicht zwischen Mensch und Sitz einstellt. Anders jedoch bei der X-Komponente des H-Punkts, die in keiner deutlichen Korrelation zu anthropometrischen Maßen steht. Es ist zu vermuten, dass hier der Faktor Komfort eine Rolle spielt. Zum einen ist zwar durch die Dicke bzw. den Abstand von Hüftgelenk zur Rückenkontur eines Probanden der kleinst mögliche Abstand zwischen Mensch und Rückenlehne markiert, der nicht unterschritten werden kann. Er stellt die hinterste Sitzposition bezüglich des Sitzes dar. Doch zum anderen hat der Diskomfort, den der Fahrer versucht zu minimieren, möglicherweise dominanten Einfluss für die horizontale Lage des H-Punkts. Der Diskomfort des Fahrers kann hierbei geprägt sein von Einflüssen der Mensch-Sitz-Wechselwirkung, wie Sitzform, -federung oder -dimension, des Fahrzeug-Packages und individuellen Empfindungen und Vorlieben des Fahrers bezogen auf die Sitzhaltung, die er einnimmt. Aus diesen Einflüssen resultiert ein erheblicher Streubereich in horizontaler Richtung des H-Punkts, da je nach persönlichen Vorlieben Probanden ihr Becken mehr oder weniger weit vorne im Sitz platzieren.

Aus diesen Messungen wurde ersichtlich, dass bei der Package-Auslegung von Fahrzeugen, die Anwendung des SgRP nicht in geeigneter Weise die tatsächliche Position eines Menschen auf dem Sitz repräsentiert, da bei gleicher Anthropometrie eine unterschiedliche horizontale Position auftreten kann. Ein Wahrscheinlichkeitsmodell, das diese Variationsbreite berücksichtigt, kann hierbei dem Anwender nützliche Dienste leisten, so dass in der Zukunft dem tatsächlichen Raumbedürfnis am Fahrerarbeitsplatz Rechnung getragen werden kann.

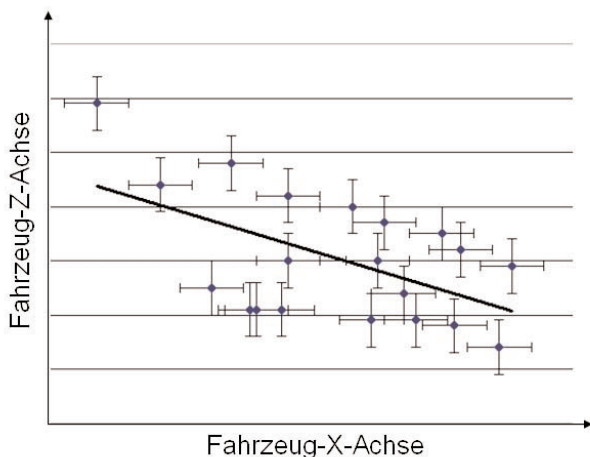


Bild 2. Schematische Darstellung der realen H-Punkt-Lagen auf einem Fahrersitz. Die horizontale Ausdehnung der Verteilung beträgt mehr als 50 mm.

stimmten. Für diese Untersuchungen standen Fahrersitze der Marken Audi, BMW, Honda, Mercedes und VW (insgesamt 10 Sitze) zur Verfügung. Diese Sitze wurden in ein Mock-up integriert. Mit Hilfe des Mock-ups konnte das zum Sitz gehörende Fahrzeug-Package simuliert werden. So wurde gewährleistet, dass die Probanden die gleichen geometrischen Randbedingungen vorfanden, wie im Echtfahrzeug. An den Versuchen nahmen pro Sitz 12-20 männliche und ebenso viele weibliche Probanden teil. Die Probanden waren dabei angehalten, in einer bequemen Haltung im Fahrzeug-Mock-up Platz zu nehmen und sich den Sitz entspre-

DIE ENTWICKLUNG EINES GENERELLEN DISKOMFORT-MODELLS FÜR BEWEGUNGEN -

Vom statischen zum dynamischen Modell

Iris Zacher

Im Rahmen des EU- Projektes REALMAN soll ein generelles Diskomfortmodell für Bewegungen entwickelt werden, das sich nicht nur auf physikalische Parameter stützt, sondern auch biomechanische Einflußfaktoren berücksichtigt. Ziel ist es, eine Voraussage bezüglich des Diskomforts während Bewegungsabläufen treffen zu können.

Besondere Beachtung finden bei dieser Untersuchung physio -biomechanische Parameter und deren Einfluß auf das Diskomfortverhalten. Faktoren, die eine besonders große Rolle spielen, sind hierbei einerseits die Änderungen der Gelenkwinkel, andererseits der prozentuale Anteil der individuellen Maximalkraft, der während einer Bewegung aufgebracht wird.

Um ein generelles/allgemeines Diskomfortmodell für Bewegungen erstellen zu können ist es notwendig, zuerst das Diskomfortverhalten in statischen Haltungen zu untersuchen und zu verstehen. Danach muss versucht werden, ein solches Modell auf dynamische Bewegungen zu übertragen.

Im Folgenden wird eine Annäherung an ein solches Modell dargestellt und erklärt.

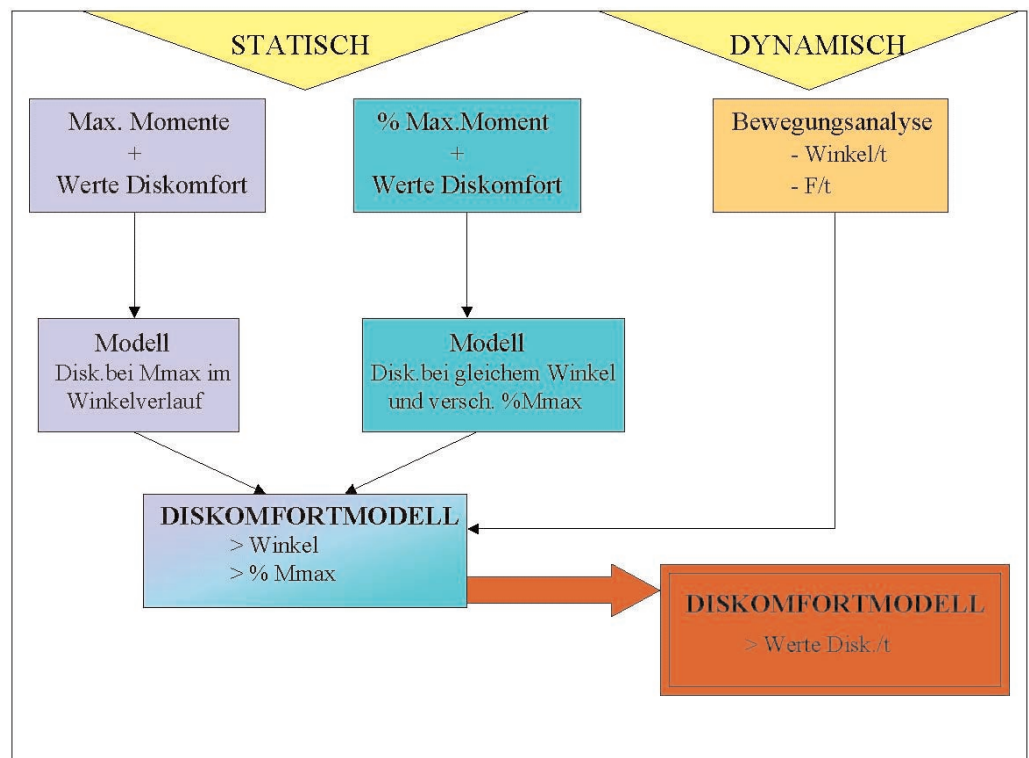
Die Grundlage für die Annäherung stellt eine Datenbank maximaler Kräfte, gemessen als maximale Drehmomente in den Gelenken, in Verbindung mit den dazugehörigen Diskomfortwerten dar. Maximalmomente werden für die wichtigsten Körpergelenke in allen anatomisch und technisch möglichen Positionen und für alle, von der Anzahl der Freiheitsgrade des Gelenks abhängig, möglichen Richtungen gemessen. Für jede Messposition, d. h. jede gemessene Winkelstellung, werden Diskomfort - Bewertungen für den Zeitpunkt des Aufbringens von maximaler Kraft, erhoben.

Die Analyse dieser Werte führt zu einem ersten Modell, das den Zusammenhang zwischen Diskomfortempfinden und maximaler Kraft bei unterschiedlichen Winkelstellungen/ -verläufen beschreibt.

Ausgehend von den gemessenen Maximalmomenten können nun bestimmte prozentuale Anteile der individuellen Maximalkraft errechnet werden. In einer weiteren Versuchsreihe werden für verschiedene Gelenke und Winkelstellungen bestimmte Anteile der indiv. Maximalkraft aufgebracht und hierbei ebenfalls der Diskomfort bewertet.

So kann der Verlauf des Diskomfortempfindens in Bezug auf verschiedene Anteile der ind. Maximalkraft für verschiedene Gelenke / Winkelstellungen analysiert und als Modell dargestellt werden. Kombiniert man nun die beiden o.g. Untersuchungsergebnisse, so erhält man ein individuelles "statisches" Diskomfortmodell, basierend auf den Faktoren Diskomfort,

Bild 1. Mögliche Annäherung an ein dynamisches Diskomfortmodell



Winkel und Prozentanteil der individuellen Maximalkraft.

Um von einem statischen Modell nun auf ein dynamisches Modell schließen zu können ist es wichtig, Bewegungen an sich, und in Verbindung mit Diskomfortbewertungen, zu analysieren. Motion capture Systeme (z.B. VICON) nehmen den Verlauf von am Körper befestigten Markern auf. Über diese Markerverläufe können die Gelenkwinkel zu jedem beliebigen Zeitpunkt der Bewegung rekonstruiert werden. Mit Hilfe eines geeigneten Multi Body Systems (z.B. COMPAMM) können, unter Berücksichtigung der Anthropometrie der Versuchsperson und der extern wirkenden Kräfte, den Winkelwerten Kraftwerte zugeordnet werden.

Rückgreifend auf das statische Diskomfortmodell ist es nun möglich, Diskomfortverläufe für Bewegungen zu erstellen, d.h. jeder Kraft-Winkel-Kombination zu jedem beliebigen Zeitpunkt der Bewegung einen entsprechenden Diskomfortwert zuzuordnen.

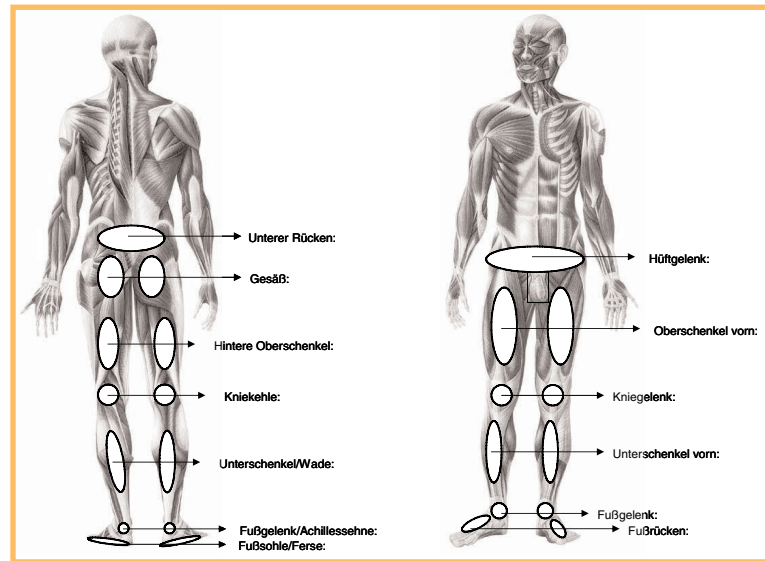
Natürlich ist das Gesamttempfinden, also der Gesamtdiskomfort während einer kompletten Bewegung, ebenfalls von Bedeutung. Wie setzt sich eine Diskomfortbewertung für eine komplette Bewegung oder Bewegungssequenz zusammen? Werden eventuell verschiedene Diskomfortempfindungen in einzelnen Körpergelenken oder Körperteilen unbewußt zu einem Gesamtwert addiert? Oder wird der maximale Diskomfort, der in einem Körpergelenk oder Körperteil empfunden wird, als Bewertung für die Gesamtbewegung abgegeben?

Mittels direkter Befragung der Versuchspersonen wird versucht, diese Fragen zu beantworten. Nach der ersten Durchführung der Bewegung wird der Diskomfort für die komplette Bewegung erfasst. Anschließend wird die Bewegung wiederholt und das Diskomfortempfinden innerhalb verschiedener Körperteile beschrieben.

Erste Analysen zeigen, dass der maximale Diskomfort, der während einer Bewegung in einem bestimmten Körperteil gespürt wird, auch als Diskomfortwert für die komplette Bewegung angegeben wird.

Kann eine solche Hypothese weiterhin bestätigt werden, ist es nicht nur möglich, Diskomfortverläufe während einer Bewegung für verschiedene Gelenke (siehe dynamisches Modell) vorauszusagen,

Abb.2: Bodymaps zur Bestimmung des Diskomforts in verschiedenen Körperteilen während Bewegungen



sondern auch einen Wert für den Gesamtdiskomfort einer kompletten Bewegung oder Bewegungssequenz anzugeben.

In ein Menschmodell integriert, stellt ein solches Diskomfortmodell eine Neuerung zu den momentan existierenden haltungs-basierenden Diskomfortmodellen dar. Gerade in den Bereichen Ergonomie und Design können so verbesserte Bedingungen zur Untersuchung und Bewertung des Diskomfort während verschiedener Bewegungsabläufe geschaffen werden.

Literatur:

Marach, A., 1999.

CAD-fähiges Prognosemodell für statische Körperhaltungen des Menschen.

Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie der technischen Universität München

Bubb, H., Wang, X., 2002.

General approach of discomfort modelling. Minutes of the 5th technical meeting of the REALMAN project/Munich

Project summary. Description of Work of the REALMAN project

DAS EINSTIEGSVERHALTENS IN EINEN PKW

Untersuchung und Modellierungsversuche

Stefan Rigel, Marianne Zumbusch

EINLEITUNG

Die Komplexität des Automobils hat in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Entsprechend sind auch die Erwartungen des Kunden an die Produkte im Bezug auf Fahreigenschaften, Sicherheit und Komfort gestiegen. Ein großes Potential für eine weitere Optimierung des Produkts liegt in der verstärkten Berücksichtigung des Kunden bei der Entwicklung neuer Fahrzeuge. Einen entscheidenden Beitrag dazu kann die ergonomische Produktgestaltung liefern, wenn es ihr gelingt, den Anforderungen der Fahrzeugentwicklung Schritt zu halten.

Das bedeutet in erster Linie, dass die vorhandenen Methoden in der entscheidenden "frühen Entwicklungsphase" weiter verbessert und ergänzt werden müssen. Der Schwerpunkt dieser Entwicklung muss dabei auf der Weiterentwicklung der Simulationen liegen. Stand der Technik in der ergonomischen Produktgestaltung ist zur Zeit die Simulation von statischen und quasistatischen Haltungen von Insassen im Fahrzeug. Aus diesem Grund gilt das große Interesse bei der Weiterentwicklung vorhandener Simulationswerkzeuge der Simulation komplexer Bewegungsvorgänge. Von besonderem Interesse im Automobilbau ist dabei der Ein- und Ausstieg. Beim Einstieg kommt der Kunde zum ersten Mal in Kontakt mit dem Fahrzeug. Zudem kann dieser mit zunehmendem Alter zu einem ernst zu nehmenden Hindernis werden. Das Ziel dieser Arbeit ist, für die Simulation der Einstiegsbewegung Grundlagen zu erarbeiten, die eine Modellierung im Hinblick auf eine Simulation ermöglichen.

METHODE ZUR QUANTITATIVEN ERFASSUNG DER EINSTIEGSBEWEGUNG

Der Schwerpunkt der ersten Projektphase lag auf der Entwicklung einer Methode zur quantitativen Erfassung der Einstiegsbewegung. Diese umfasst drei Bausteine (1):

- o Variables Ein- und Ausstiegsmodell
- o Bewegungsaufzeichnung
- o Bewegungsmodellierung und -analyse



Abb. 1: Variables Ein- und Ausstiegsmodell

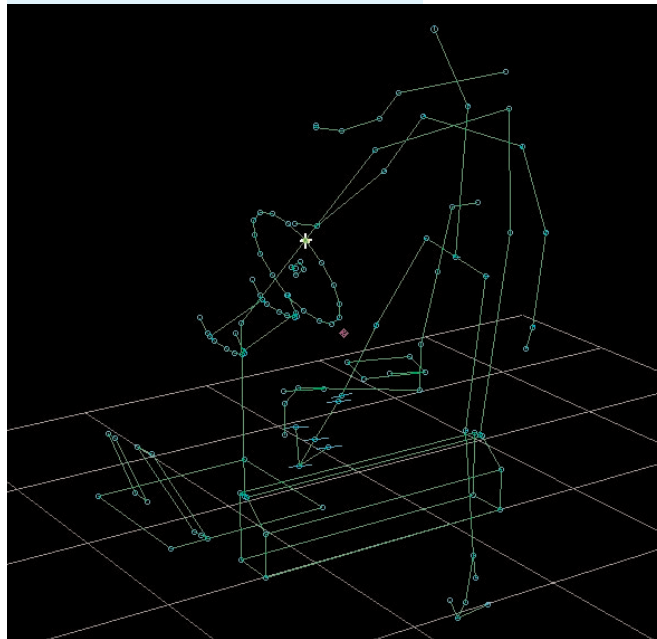


Abb. 2: Modellierte Einstiegsbewegung und -geometrie

Literatur

- (1) Rigel, S. (2003):
Simulation of complex movement sequences in the product development of a car manufacturer. Proceedings 2003 Digital Human Modeling Conference.

VARIABLES EIN- UND AUSSTIEGSMODELL

Das "Variable Ein- und Ausstiegsmodell" ist ein vereinfachtes reales Modell des Fahrerplatzes. Es umfasst neben Sitz, Lenkrad und Pedalerie eine durch Geradensegmente angenäherte Einstiegsöffnung.

Insgesamt lassen sich am Modell 24 Parameter verändern, davon die Hälfte elektrisch, die restlichen manuell. Dadurch ist es möglich, die gesamte aktuelle Produktpalette von BMW, vom MINI über Z4 und X5 bis zum Rolls Royce Phantom darzustellen.

BEWEGUNGSaufZEICHNUNG

Die Bewegungsaufzeichnung erfolgt über ein passives optisches Messsystem. Dabei werden die Bewegungsbahnen von an der

Versuchsperson angebrachten Marker mit Hilfe von Infrarotkameras aufgezeichnet. Aus den zweidimensionalen Bilddaten der Kameras können dann die dreidimensionalen Bewegungsbahnen der Marker rekonstruiert werden.

BEWEGUNGSModellierung und -ANALYSE

Für die Analyse der Bewegung ist die Bewegung der kinematischen

Struktur der Versuchspersonen, also das Skelett, besonders interessant. Das Skelett mit den tatsächlichen Gelenksachsen und Gelenkmittelpunkten wird aus den aufgezeichneten Bewegungsbahnen mit Hilfe eines Menschmodells berechnet.

UNTERSUCHUNGEN

In einer Voruntersuchung wurden Mitarbeiter der BMW AG im Alter zwischen 22 und 68 Jahren beim Einsteigen in ihr eigenes Auto gefilmt. Anschließend wurde im Videolabor ausgewertet, mit welcher Strategie die entsprechende Person eingestiegen ist. Es werden drei verschiedene Einstiegsstrategien unterschieden: Fädler,

Schlüpfer und Plumpser. Der Fädler setzt sein rechtes Bein beim Einsteigen sofort vor das Gaspedal, fädelt es also sofort unter der Lenksäule durch. Es folgt das Absenken des Körpers und das Heben des linken Beines ins Fahrzeug. Der Schlüpfer setzt sein rechtes Bein zunächst links vor der Lenksäule ab, setzt den Oberkörper auf dem Sitz ab, zieht anschließend den linken Fuß ins Fahrzeug und platziert erst am Schluss den rechten Fuß auf das Gaspedal. Bei den untersuchten Personen ist die Strategie des Schlüpfers die häufigste.

Derzeit werden auf Parkplätzen von Supermärkten gezielt ältere Menschen beim Einsteigen gefilmt. Entgegen der üblichen Hypothese, die bei älteren Menschen eher die "Plumpser"-Strategie vermutet, zeichnen sich bei diesem Personenkollektiv voraussichtlich keine Unterschiede zu den jüngeren Personen ab.

Für die Hauptversuche werden anschließend Personen eingeladen, die zu der Kategorie der häufigsten Einstiegsstrategie zählen. Dabei werden sowohl ältere Personen (ab einem Alter von 60 Jahren) als auch jüngere Personen zum Vergleich untersucht. Neben den Einstiegsversuchen in das "Variable Ein- und Ausstiegsmodell" werden Fragen zum Komfortempfinden gestellt. Außerdem wird die Beweglichkeit der Versuchspersonen über einfache Übungen erfasst, um eventuelle Korrelationen zwischen der Beweglichkeit und dem Komfortempfinden zu finden. Mit den so gewonnenen Daten soll das Menschmodell RAMSIS das Einsteigen "lernen" und dabei auch Komfortbewertungen beim Einsteigen durchführen können.

Durch diese Entwicklung könnten in Zukunft Zwischenfälle wie bei Konrad Adenauer vermieden werden, der sich für einen Mercedes 300 als Dienstfahrzeug entschieden hat, weil er sich angeblich beim Einsteigen in einen BMW 501 den Hut vom Kopf gestoßen hat.

ENTWICKLUNG EINES FINITE-ELEMENT-MODELLS DES MENSCHEN ANHAND VON 3D-SCANNERDATEN ZUR PROGNOSE DES SITZKOMFORTS

Christian Mergl

Einer der wichtigsten Schnittstellen zwischen Mensch und Fahrzeug dürfte zweifelsohne der Sitz sein: er spielt eine entscheidende Rolle für das Wohlbefinden des Fahrers im Fahrzeug. Der Sitzkomfort ist für Automobilhersteller demzufolge sehr wichtig. Da es sich beim Sitzkomfort bzw. Sitzdiskomfort um subjektive Empfindungen handelt, ist es sehr schwer, den Diskomfort in Autositzen objektiv zu quantifizieren. Im Rahmen eines Projektes am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München wurde ein Zusammenhang zwischen objektiv messbaren Größen, der Druckverteilung zwischen Mensch und Sitz sowie dem subjektiv empfundenen Diskomfort der Versuchspersonen hergestellt. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse können Druckverteilungen bezüglich ihres zu erwartenden Diskomforts beurteilt werden. Auf der Grundlage dieses Wissens können Druckverteilungen, die durch eine rechnergestützte FE-Simulation des Sitzvorganges eines Menschen gewonnen werden, genutzt werden, um Sitzhaltungen und Sitze bereits in der frühen, virtuellen Phase des Produktentstehungsprozesses zu optimieren. Im Rahmen eines Projektes soll ein 3D-FE-Modell des Menschen erstellt werden, welches mit Hilfe eines ebenfalls als FE-Modell modellierten Sitzes Parameterstudien zur Optimierung des Sitzkomforts erlaubt. In einem ersten Schritt wird die Erzeugung des 3D-FE-Modells des Beckens und des Oberschenkels vorgestellt.

Die grundlegende Idee ist die Generierung eines Oberschenkelmodells des Menschen im unverformten Zustand. Diesem Modell sollen die korrekten Materialeigenschaften des Menschen zugewiesen werden, um so das Ziel einer korrekten Verformung der menschlichen Weichteile beim Sitzen zu erreichen. Zu diesem Zweck wurde eine Versuchsperson, ca. 50. Perzentil der Größe männlich, mit Hilfe des lehrstuhligen Body Scanners eingescannt. Dabei wurde der Oberschenkel ungefähr um 90° abgewinkelt um die unverformten Weichteile des Oberschenkels und des Gesäßes scannen zu können (vgl. Abbildung 1).

Dieser Scan stellt den Rohdatensatz für die äußere Kontur des Oberschenkelmodells dar. Für die knöcherne Struktur wurde ein plastifiziertes Skelett aus dem medizinischen Fachhandel ausgewählt, welches laut Herstellerangaben einem 50. Perzentil-Mann entspricht. Dieses Skelett war die Grundlage für die Scans des Beckens und des Oberschenkelknochens. Von diesen Scan-Daten konnten mit Hilfe von Catia V5 Volumenmodelle der äußeren Kontur des Oberschenkels und der Knochen abgeleitet werden. Dies geschah anhand von Schnitten, die durch die 3D-Punktwolke des Scans gelegt wurden. Ausgehend von diesen Schnitten erfolgte die Erzeugung eines Flächenmodells und anschließend die Überführung in ein Volumenmodell. Die Positionierung der knöchernen Struktur innerhalb der Becken- und Oberschenkelkontur geschah mit Hilfe von Computertomographieaufnahmen eines Mannes. Die Aufnahmen wurden im Rahmen des Visible Human Projects aufgenommen und von Dr.med. Holger Jastrow in einem Workshop "Anatomie fürs Internet" aufbereitet. Das vorläufige Ergebnis war ein CAD-Modell des Beckens und Oberschenkels des Menschen mit korrekter Lage der Knochen inner-

halb der Außenkontur (vgl. Abbildung 2). Vom Außenmodell des Beckens mit Oberschenkel wurde nun die knöcherne Struktur geometrisch abgezogen. Dies führt zum Volumen der Weichteile des gesamten Oberschenkels. Diese Weichteilgeometrie konnte nun mit Hilfe eines Vernetzungsprogrammes, in diesem Fall Catia V5, in ein dreidimensionales Netz - bestehend aus Tetraederelementen - überführt werden. Der Austausch in das FE-Programm erfolgte über das Austauschformat Nastran. In diesem Fall fand das FE-Programm MARC/Mentat von MSC Verwendung. Bei der Modellierung repräsentierte eine starre Holzplatte den Sitz. Diese starre Holzplatte fährt mit einem fest vorgegebenen Weg in den Oberschenkel, der am Knochen fest eingespannt ist. Als Materialkennwerte werden Daten aus der Literatur verwendet (siehe Tabelle 1). Mit dem so definierten Modell kann nun eine Kontaktanalyse durchgeführt werden. Das Ergebnis des derzeitigen Standes kann Abbildung 3 entnommen werden.

Hier nochmals kurz die bisherige Vorgehensweise:

- Aufnahme der geometrischen Daten mit Hilfe des Body Scanners
- Importieren der Daten in Catia V5
- Erzeugen der Schnittkurven
- Erzeugen der Flächenmodelle
- Erzeugen der Volumenmodelle
- Positionieren der Modelle zueinander
- Erzeugen des Weichteilvolumens durch geometrische Subtraktion des Knochens von der Außenkontur
- Vernetzen des Volumenmodells
- Definition des Modells in MARC/Mentat
- Durchführen der Analyse

Als weitere Schritte wären zu nennen: die Validierung des FE-Modells sowie die Modellierung eines realen Autositzes und des menschlichen Rückens. Mit der Realisierung dieser Punkte wäre eine ganzheitliche Optimierung der Kontaktfläche Mensch-Sitz möglich. Dies umfasst die Analyse und Optimierung des Sitzes sowie der Haltung des Fahrers im Auto. Damit wäre eine gezielte Optimierung des Sitzkomforts in der frühen, virtuellen Phase des Produktentstehungsprozesses möglich.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten des



Abb. 1: Scan der Versuchsperson



Abb. 2: CAD Modell des Oberschenkels mit Knochenstruktur

Materialkennwerte	Wert
Muskeln	
E-Modul [N/mm ²]	0.01-0.03
Querkontraktionszahl	0.49
Dichte	1.1 kg/m ³

Tabelle 1: Materialkennwerte des Menschmodells nach Kayser, 1996

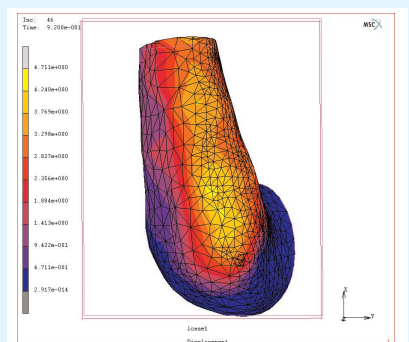
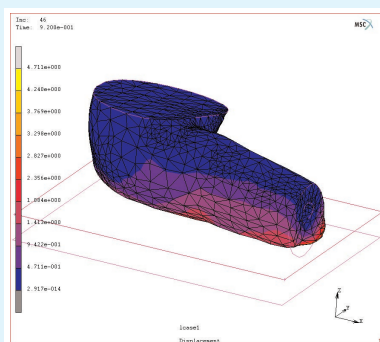


Abb. 3: Ergebnisse der Kontaktanalyse

beschriebenen Vorgehens zur Erzeugung eines CAD-Volumenmodells anhand von 3D-Scannerdaten könnte die Bestimmung von Massenschwerpunkten und Trägheitstensenoren für einzelne Körperteile sein, die für biomechanische Simulationen benötigt werden. Des Weiteren können durch diese Methode Maßanfertigungen für Prothesen erstellt werden.

Literatur:

- Kayser A., Jarewski J.: Entwicklung von Ersatzmodellen zur Beschreibung der dynamischen Eigenschaften von menschlichen Körpersegmenten der unteren Extremitäten und von FE-Modellen zur Analyse des dynamischen Kontaktverhaltens von Gelenken, Forschungsbericht zum DFG-Projekt Homunculus, GH Wuppertal, 1996
- Anton T.: Methodik zur Erstellung einer FEM Kontaktanalyse anhand 3D-Scannerdaten, Semesterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 2003
- Zhang L., Helander M.G., Drury C.G.: Identifying factors of comfort and discomfort in sitting, Human Factors, 38 (3) 377-389, 1996

DAS "HEDONISTISCHE PRINZIP" ALS MOTOR AUTONOMER MENSCHMODELLE

Peter Schäfer

Digitale Menschmodelle werden immer erfolgreicher zur Simulation menschlichen Verhaltens verwendet. Ein gewisser Problem- punkt liegt bislang allerdings in der Art und Weise, wie die Körperhaltung des Originals auf das Modell übertragen wird - dies emp- findet man vielfach als wenig originalgetreu und auch als ziemlich zeitaufwändig.

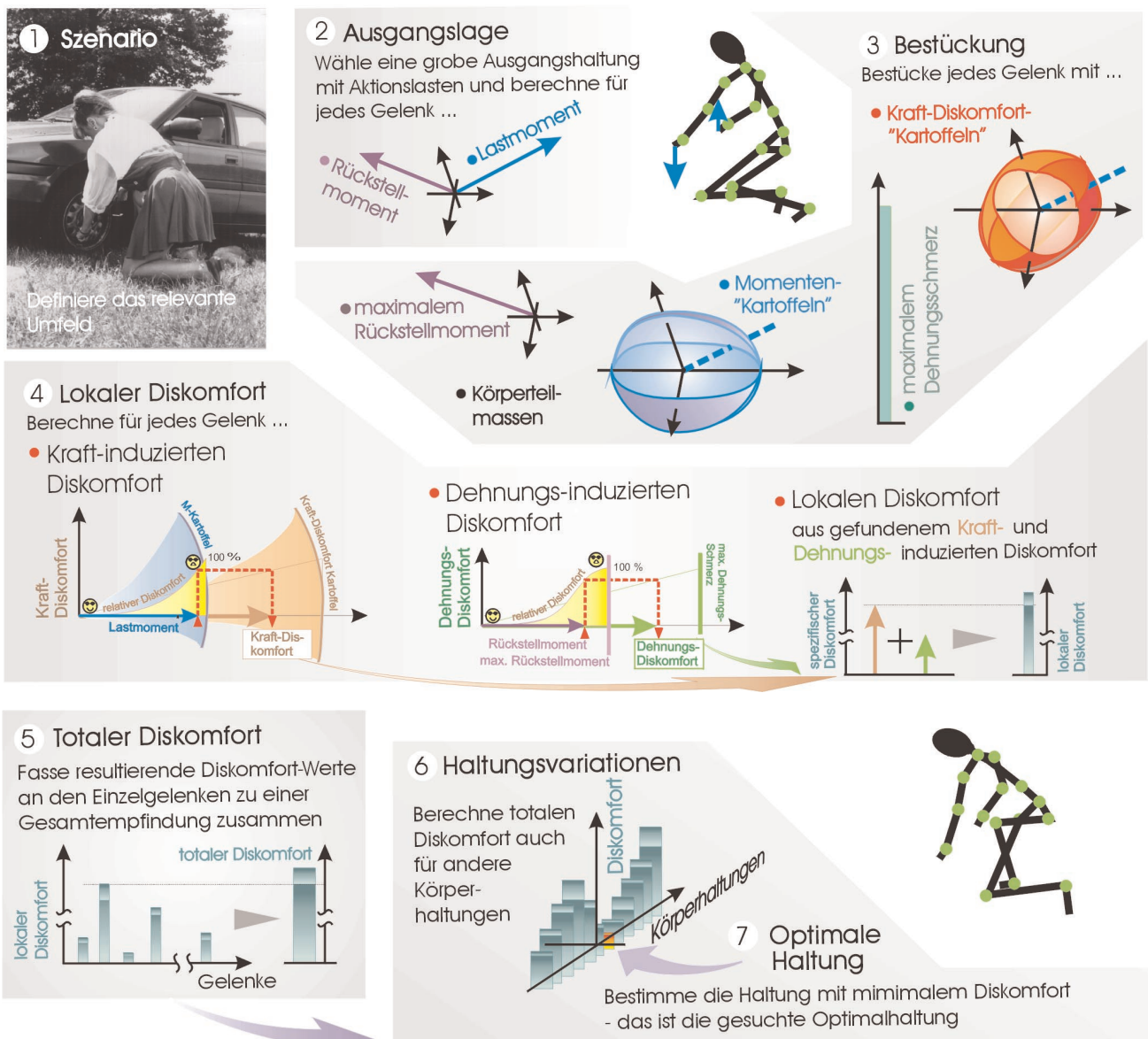
Wirklich elegant wäre es demgegenüber, wenn ein Menschmodell dazu selber in der Lage wäre - das Modell seine Haltung also autonom findet.

Ein solcher Ansatz wird am LfE über eine Art "hedonistisches Modell" verfolgt:

Analog zum Menschen versucht das Menschmodell, seinen wahrgenomme-

nen Diskomfort zu minimieren, um auf diese Weise eine möglichst bequeme und damit optimale Körperhaltung zu finden.

Der skizzierte Ansatz baut auf einer Reihe eigener Grundlagenuntersuchungen auf.



KOMFORTEMPFINDEN UND NUTZUNGSMOTIVATION FÜR DAS WISSENSMANAGEMENT

Rolf Zöllner



Abb.1: Widerstände gegen Wissensmanagement

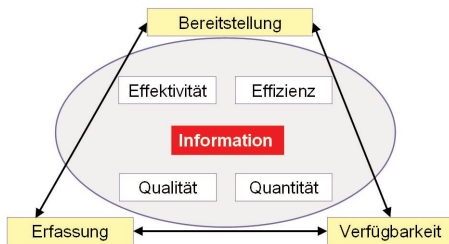


Abb. 2 Vorteile aus der Nutzung von Wissensmanagement

1. Machtverlust
2. Angst vor Blamage
3. Bedeutung/Nutzen nicht verstanden
4. Zweifel an der Ernsthaftigkeit
5. Konkurrenz von Fachabteilungen
6. Erwartungen, die unerfüllt bleiben
7. zusätzlicher Arbeits- und Zeitaufwand
8. mangelnde Benutzerfreundlichkeit der Software

Abb. 3: Individuelle Gründe das Wissensmanagement-System nicht zu nutzen.
In Anlehnung an Döring-Katerkamp & Trojan (2002).

Wissensmanagement optimiert den organisationalen Informationsfluss, um die Leistungsfähigkeit des einzelnen Mitarbeiters und damit der Gesamtorganisation zu steigern. Um sicherzustellen, dass das Wissensmanagement in einer Organisation auch "funktioniert", d.h. von den Organisationsmitgliedern gelebt wird, müssen bereits bei der Entwicklung und Einführung von Wissensmanagement gezielte Maßnahmen getroffen werden, welche Akzeptanz, Involvement und Nutzungsmotivation der Organisationsmitglieder fördern und die Widerstände gegen Wissensmanagement minimieren (Abb.1). Diese Maßnahmen führen mittelfristig zu einer Akzentuierung der Organisationskultur in Richtung "Wissenskultur".

EINE EINFÜHRUNGSSTRATEGIE

Der Einführung von Wissensmanagement liegt daher folgende Strategie zu Grunde: Durch die Nutzung des Wissensmanagements entstehen dem Anwender erfahrbare und messbare Vorteile bei der Ausführung seiner Aufgaben. Diese Vorteile liegen darin, dass der Anwender über das System benötigte Informationen schneller und auf qualitativ höherem Niveau erhält, sowie neu entstehende Informationen speichern und zur weiteren Verarbeitung wieder zur Verfügung stellen kann. In der Konsequenz kann der Anwender durch das Wissensmanagement-System seine Aufgaben effektiver und effizienter erledigen (siehe Abb. 2).

Diese Nutzenerfahrungen und die Nutzenexpectationen der Organisationsmitglieder sind die Grundlage der Nutzungsmotivation für das Wissensmanagement. Auf dieser Weise kann ein "Selbstläufer" initiiert werden, der ohne unterstützende Anreizsysteme auskommt, die sich in der gängigen Praxis als wenig effektiv herausstellen.

MOTIVATIONSPSYCHOLOGISCHE GRUNDLAGEN

Die Implementierungsstrategie kann motivationspsychologisch als Instrumentalität (Vroom, 1964) des Wissensmanagements beschrieben werden:

$$K_i = f \sum_{j=1}^n (E_{ij} \times V_j) \text{ mit } V_j = f \sum_{k=1}^n (V_k \times I_{jk})$$

mit

K_i = Motivationsstärke für Handlung i
n = Anzahl der Handlungsresultate j
E_{ij} = Erwartung, dass Handlung i zum Resultat j führt
V_j = Valenz des Handlungsresultats j
V_k = Valenz der Folge des Ergebnis j
I_{jk} = Instrumentalität von Ergebnis j bzgl. der Folge

In knappen Worten ausgedrückt ist die subjektive Wahrscheinlichkeit durch Nutzung des Wissensmanagements die individuellen Ziele zu erreichen höher als die Erfolgswahrscheinlichkeit anderer Methoden und Hilfsmittel. Diese Überlegungen implizieren weiterhin eine subjektive Kosten-Nutzen-Analyse, die es zu optimieren gilt: Die subjektiven Kosten des Organisationsmitglieds für die Nutzung des Wissensmanagements sind zu minimieren, der subjektive Nutzen ist zu maximieren.

AUSRÄUMEN DER BARRIEREN

Aus den individuellen Barrieren, die als subjektive Kosten eine Nutzung des Wissensmanagements verhindern, sind diejenigen am effektivsten zu lösen, die mit dem technischen System in Verbindung stehen. (Abb. 3)

Dabei ist insbesondere eine benutzerfreundliche und komfortable Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion über entsprechende Benutzeroberflächen und Ein- und Ausgabemasken eine einfach zu realisierende aber gleichzeitig effektive Maßnahme, um die Bilanz der subjektiven Kosten-Nutzen-Analyse positiv zu beeinflussen. Die Ein- und Ausgabemasken sind die Schnittstelle, über die das Organisationsmitglied in seiner täglichen Arbeit mit dem Wissensmanagement-System in Kontakt tritt. Durch diese Unmittelbarkeit wird Wissensmanagement über die Benutzeroberfläche für das Organisationsmitglied zur Entität und weniger über die eher mittelbar erfahrbaren organisatorischen Aspekte des Wissensmanagement. Dementsprechend sind die Benutzeroberflächen so zu gestalten, dass die Interaktion mit dem Wissensmanagement-System ein Minimum an subjektiven Kos-

ten erfordert, wie beispielsweise Zeit- und Arbeitsaufwand für Navigieren, Eingabe von Daten oder Suchen relevanter Suchergebnisse.

KOMFORTEMPFINDEN UND NUTZUNGSMOTIVATION

Komfortempfinden im Umgang mit Wissensmanagement-Systemen lässt sich damit als ein notwendiger Baustein zur Sicherung der Nutzungsmotivation identifizieren. Komfort wird in diesem Zusammenhang verstanden als dem subjektiven Zustand des Wohlbefindens und der Zufriedenheit im Verhältnis zur Arbeitsumgebung. Dieser Zustand des Wohlbefindens resultiert bezogen auf Wissensmanagement-Systeme in einem subjektiven Bewertungsprozess der Nutzungserfahrung, der sich aus zwei Teilen zusammensetzt: Die *kognitiv-evaluative* Komponente nimmt zunächst einen Vergleichs- und anschließend einen Bewertungsprozess von Ist- und Sollzustand vor. Die *affektive* Komponente baut eine emotionale Besetzung auf. Führen beide Komponenten zu einem positiven Ergebnis resultiert daraus eine positive Erlebnisqualität beim Nutzer, welche die Nutzungsmotivation fördert. Komfortempfinden steht damit in unmittelbarem Zusammenhang zur Usability bzw. Benutzerfreundlichkeit eines Wissensmanagement-Systems.

Diese Überlegungen zugrunde gelegt, wird sich Komfortempfinden beim Nutzer des Wissensmanagement-Systems dann einstellen, wenn er über die Benutzeroberfläche mit möglichst geringen Arbeits- und Zeitaufwand für die Eingabe von Informationen, die gewünschte Information in geeigneter Qualität und Quantität zur Verfügung gestellt bekommt.

Bezogen auf die Benutzeroberflächen des Wissensmanagement-Systems sind hier zunächst software-ergonomische Kriterien und eine Spezifikation der Masken in Abhängigkeit zu den Aufgaben und den Rollen der späteren Nutzer zu realisieren. Allgemein ist von den Eingabemasken eine weitreichende Automatisierung der Dateneingabe zu fordern, die zugleich zur Sicherung der Datenqualität beiträgt. Ein Beispiel ist die automatisierte Kategorisierung

LITERATUR

- Beraha, D., Donderer, R., Maus, H., Mertins, P., Puhr-Westerheide, P., Rausch, H., Zimmermann, M. & Zöllner, R. (2002). Technische und organisatorische Voraussetzungen für das Wissensmanagement in der Reaktorsicherheit. Band I. GRS-Bericht - A -3048. Garching: GRS.
- Bubb, H. (1993). Systemergonomie. In H. Schmidtke (Hrsg.) *Ergonomie*. (pp. 305-458). München: Hanser.
- Diener, E. & Lucas, R. E. (2000). Subjective emotional well-being. In M. Lewis & J. M. Haviland-Jones (Eds.), *Handbook of emotions* (2nd Ed.) (pp. 325-337). New York: Guilford.
- Döring-Katerkamp, U. & Trojan, J. (2002) Motivation und Wissensmanagement - eine praktische Perspektive" in: Franken, R., Gadatsch, A. (Hrsg.): *Praxis des Knowledge-Management. Konzepte, Methoden, Instrumente und Fallbeispiele*. Vieweg-Verlag: Braunschweig.
- Heckhausen, H. (1980). Motivation und Handeln. *Lehrbuch der Motivationspsychologie*. Berlin: Springer
- Zöllner, R. (2003). Implementierungsstrategien für das Wissensmanagement. *FrAM-Review-board April 2003*. München: Fraunhofer Gesellschaft.
- Zöllner, R. (2003). Analysis of Communication Processes in the Development of Complex Products. In H. Strasser, K. Kluth, H. Rausch, H. Bubb (Eds.) *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*. (pp.623 - 626). Ergonomia-Verlag: Stuttgart

einzugebender Inhalte hinsichtlich der Klassifikationsdimensionen von Wissensbeständen. Nichtautomatisierbare Eingaben sollte das System durch selbstlernende Funktionalitäten unterstützen: Das System macht dem Nutzer aufgrund seines bisherigen Nutzungsverhaltens und der bisher eingestellten Inhalte Vorschläge für seine Eingabe. Im Idealfall muss der Nutzer den Vorschlag nur noch annehmen. In gleicher Weise sind die Ausgabemasken zu entwickeln. Das System liefert auf die Anfragen des Nutzers an die Aufgabenstellung und die Rolle abgestimmte Ergebnisse. Basis dafür ist die konsequente Prozessorientierung des Wissensmanagements. Weitere unterstützende Funktionalitäten, welche den Komfort des Nutzers im Umgang mit dem System fördern sind beispielsweise intelligente Agenten (frei konfigurierbare "Suchroboter"), die den Nutzer mit aktuellen Suchergebnissen versorgen oder die Möglichkeit, mit Autoren, Fachleuten oder Kompetenznetzwerken zu bestimmten Inhalten unmittelbar in Kontakt zu treten.

Diese exemplarischen Ausführungen zeigen, dass hier die konsequente Umsetzung produktergonomischer Anforderungen, beispielsweise mit Hilfe von Expertensystemen wie dem Ergonomics Knowledge and Design System EKIDES (Jastrzebska-Fraczek, 2003) und die Anwendung systemergonomischer Methoden für die Entwicklung der Wissensmanagement-Plattform gefordert sind. Die skizzierten Überlegungen zur effektiven organisatorischen Implementierung von Wissensmanagement werden vom Lehrstuhl für Ergonomie in verschiedenen Forschungs- und Industrieprojekten umgesetzt und weitergeführt.

LENKKOMFORT UND LENKGEFÜHL BEI PERSONENKRAFTFAHRZEUGEN

Hagen Wolf

Wie bei jeder Bedienung einer Maschine durch den Menschen entsteht auch beim Lenken eines Kraftfahrzeugs ein spezifisches Bediengefühl und Komfortempfinden bzw. Diskomfortempfinden. Unter dem Bediengefühl ist weniger eine Emotion im psychologischen Sinn (z.B. Freude, Angst, usw.) zu verstehen, sondern das Wahrnehmen und Beurteilen des dynamischen Verhaltens einer vom Menschen bedienten Maschine. Im Beispiel des Lenkens eines Kraftfahrzeugs wäre das die Wahrnehmung und Beurteilung der Fahrzeugreaktion auf eine Lenkbewegung, die sich vornehmlich in der Querdynamik widerspiegelt. Aufgrund der Vielzahl der Einflussfaktoren, sollte das Lenkgefühl in zweierlei Hinsicht betrachtet werden. In einer engeren Betrachtungsweise sind nur die Vorgänge von Bedeutung, die direkt mit dem Lenkrad in Verbindung stehen. Unter die relevanten Parameter fallen unter anderem das Lenkmoment (Lenkmomenttotzone), der Lenkwinkel, die Lenkungsreibung, die Lenkungsämpfung, das Spiel, die Lenkradgeometrie, usw.. Bei einer erweiterten Sichtweise des Lenkgefühls kommen neben den Wahrnehmungen am Lenkrad (haptisch) noch die der Fahrzeugreaktion hinzu, die der Mensch kinästhetisch (Gleichgewichtssinn) und optisch (visuell) aufnimmt.

Grundsätzlich stellt sich die Frage, warum das Lenkgefühl in Zeiten von hochentwickelten und in hohen Stückzahlen produzierten Fahrzeugen überhaupt noch erforscht werden muss? Eine gibt eine ganze Reihe von Gründen, in diesem Bereich weitere Forschungsprojekte durchzuführen. Ein Hauptgrund ist, dass Fahrzeuge zunehmend in virtuellen Umgebungen entwickelt werden, um Entwicklungszeit und die damit verbundenen Entwicklungskosten zu minimieren. Darüber hinaus ist es ein Ziel schon in einer frühen Phase die Entwicklung an den Anforderungen der Kunden zu orientieren, um ein optimales Produkt auf den Markt bringen zu können. Dazu muss jedoch bekannt sein, wie objektive Größen, die die Eigenschaften des Fahrzeugs bestimmen, in der virtuellen

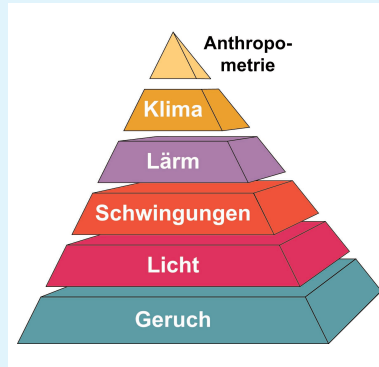


Abb.1: Komfortpyramide

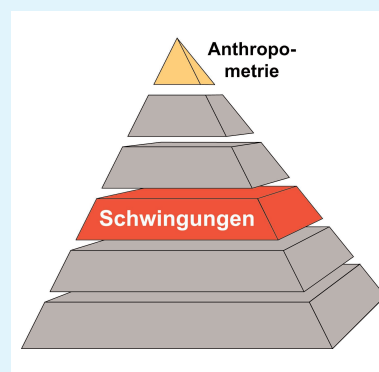


Abb.2: Komfortpyramide für die Fahraufgabe „lenken“

Entwicklungsumgebung eingestellt werden müssen, um zu einer überwiegenden positiven Kundenbeurteilung zu gelangen. Zwar wurde in der Vergangenheit immer wieder versucht, Zusammenhänge zwischen der subjektiven Beurteilung und den objektiven Größen herzustellen, allerdings nur mit mäßigem Erfolg. Es besteht folglich ein weiterer Forschungsbedarf.

Ein anderer Grund weitere Forschungsprojekte durchzuführen ist, dass in den nächsten Jahren der verstärkte Serieneinsatz so genannter Steer-By-Wire-Systeme zu erwarten ist. Bei diesen Systemen werden der Lenkwinkel und das Lenkmoment geregelt, was eine Grundvoraussetzung für neuartige Fahrerassistenzsysteme ist, wie etwa das Heading Control (HC) mit automatischer Spurhaltung. Fahrzeuge, die heute auf dem Markt angeboten werden, sind vorwiegend noch, bis auf wenige Ausnahmen (z.B. elektrische Servolenkung des BMW Z4) mit hydraulischen Servolenkungen ausgerüstet, wobei das Lenkmoment in Abhängigkeit von der Motordrehzahl oder der Fahrgeschwindigkeit gesteuert wird. Jedoch kommen zunehmend Fahrzeuge mit elektrischen Servolenkungen auf den Markt (z.B. BMW Z4, AUDI A3). Die hydraulischen Lenksysteme sind über Jahre hinweg in einem Maße perfektioniert worden, dass sie stets einen hohen Lenkkomfort ermöglichen und ein gutes Lenkgefühl erzeugen. Die Ansprüche und Anforderungen seitens der Kunden sind dementsprechend hoch. Werden nun Steer-By-Wire-Systeme eingeführt, besteht ein hohes Risiko darin, dass diese hohen Kundenanforderungen sehr wahrscheinlich zunächst nicht erfüllt werden können. Das ist auf die vergleichsweise geringere Erfahrung mit dem neuen System zurückzuführen. Die Ergonomie kann klären, was ein gutes Lenkgefühl bei konventionellen Lenksystemen ausmacht und wie es bei Steer-By-Wire-Systemen mit einem ähnlich hohen oder evtl. höheren Niveau zu erreichen ist.

Ein wichtiger Bestandteil des Lenkgefühls ist die Rückmeldung des Fahrbahnkontakts. Unter diesem Begriff sind sämtliche Informationen zu verstehen, die dem Fahrer den aktuellen Zustand zwischen Rad und Fahrbahn über das Lenkmoment und den Lenkwinkel rückmeldet. Allerdings be-

steht zwischen der Vermittlung des Fahrbahnkontaktes und einem hohen Lenkfortschritt ein Zielkonflikt. Gemäß der Komfortpyramide kann eine Fahrzeuglenkung nur auf der Ebene der Schwingung und Anthropometrie einen Diskomfort bewirken (siehe Abb.2). Genau genommen müssten die beiden Begriffe durch den Begriff der Haptik ersetzt werden. Eine diskomfortable Wirkung auf der Ebene der Haptik kann sich durch zu hohe Lenkkräfte einstellen, der vor allem bei längerer Fahrtdauer zum Tragen kommt und vor allem durch Lenkungsunruhen, die gemäß der Komfortpyramide eine hohe Diskomfortwirkung besitzen (siehe Abb.1). Es steht also die Rückmeldung des Fahrbahnkontakts im Gegensatz zur Stößigkeit und Unruhe der Lenkung. Eine weitere negative Auswirkung auf das Lenkgefühl kann durch eine unpräzise Lenkung bedingt sein. Muss der Fahrer auf einen einmaligen Lenkbefehl ständig nachregeln, so stellt das dauerhaft keine Bestätigung seiner Handlung dar. Der Mensch benötigt aber dieses Erfolgserlebnis, um zu einer positiven Beurteilung kommen zu können. Eine hohe dem Fahrer entgegenkommende Lenkpräzision kann unter anderem durch geringe Lenkungselastizität, einer optimierten effektiven Lenkübersetzung (hier ist zusätzlich der Lenkraddurchmesser mit einbezogen) und einer guten fühlbaren Lenkungsmittellage (Center-Point-Feeling) erreicht werden.

Es bleibt letztlich eine Auslegungsfrage, wie ein Fahrzeug in seinem Lenkverhalten charakterisiert werden soll. Bei einem Sportwagen wird man versuchen mehr Fahrbahnkontakt zu vermitteln, während man die Lenkung einer gewöhnlichen Limousine auf Komfort trimmen wird (geringe Lenkkräfte). Grundsätzlich lässt sich sagen, dass es aus ergonomischer Sicht keinen Sinn macht, Informationen in Form von Lenkmomenten- oder Lenkwinkeländerungen dem Fahrer durch das Lenksystem zu vermitteln, auf die er ohnehin nicht reagieren kann oder reagieren wird.

Für die Realisierung von Steer-By-Wire Lenkungen können seitens der Ergonomie noch eine ganze Reihe von Fragen beantwortet werden, die sich vorwiegend mit dem richtigen Bediengefühl beschäftigen.

KOMFORT DES SUCHENS UND DES FINDENS AM BEISPIEL DER SUCHFUNKTIONEN IN EKIDES

I. Jastrzebska-Fraczek

DAS PROBLEM

In den Diskussionen mit den Benutzern des Ergonomischen Datenbanksystems mit rechnergestütztem Prüfverfahren (EKIDES, früher EDS) haben wir uns immer wieder gefragt, was muss getan werden, um eine komfortable Suche nach entsprechenden Informationen, ergonomischen Anforderungen, Literaturhinweisen oder auch Definitionen von Fachbegriffen zu gewährleisten. Was bedeutet der „Komfort beim Suchen“?

Die Komfortfrage in diesem Bereich kann nach zwei Prinzipien analysiert werden.

Das erste Prinzip des Komforts ist mit dem *Maximum* von gefundenen Informationen verbunden (z.B. je mehr Literaturstellen zu einem Thema gefunden werden, desto besser kann eine Literaturrecherche gemacht werden).

Das zweite Prinzip des Komforts (Aspekt) ist mit dem *Minimum* von Informationen verbunden. Hier ist eine punktuelle, präzise Auskunft gemeint, die nicht mit anderen Themen verbunden ist (z.B. eine einzige Definition eines Begriffs wird gefunden).

DIE HAUPTHYPOTHESE

Die einfachen Suchroutinen in mehreren Datenbankprogrammen, die den Benutzern zur Verfügung stehen reichen nicht aus. Viele Benutzer des Internets kennen die mehrere Tausend Ergebnis-Seiten mit Links, die unsortiert dargestellt, keine komfortablen Suchergebnisse liefern. Die Stichwortsuche im Internet überschreitet sogar das "Maximum-Prinzip" des Komforts beim Suchen. Warum? Weil sowohl die Datenstruktur als auch die Suchmethoden dem Benutzer verborgen sind.

Die Haupthypothese dieses Beitrages lautet:

Je bekannter (klarer, vorstellbarer) die vorhandene Datenstruktur dem Benutzer ist, desto schneller, komfortabler und präziser ist die Suche und Findung der Informationen.

Das beste Beispiel für eine bekannte oder vorstellbare Datenstruktur ist die Suche nach einer Wohnung im Internet. Die Angabe des Staates, der Stadt, der Größe (von-bis), der Anzahl der Zimmer (von-

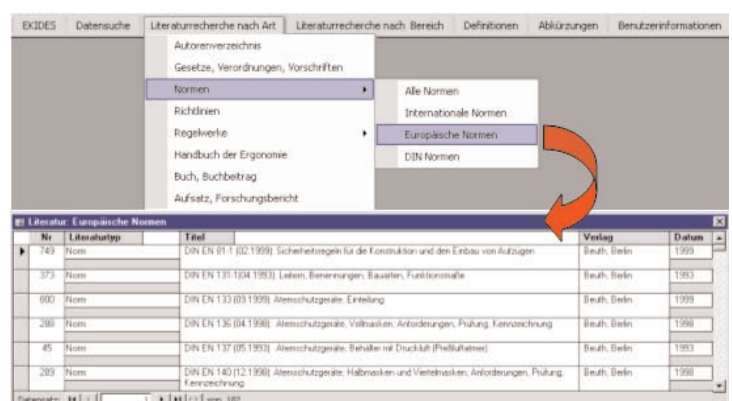


Abb.1: Literatursuche nach „Art“ in EKIDES

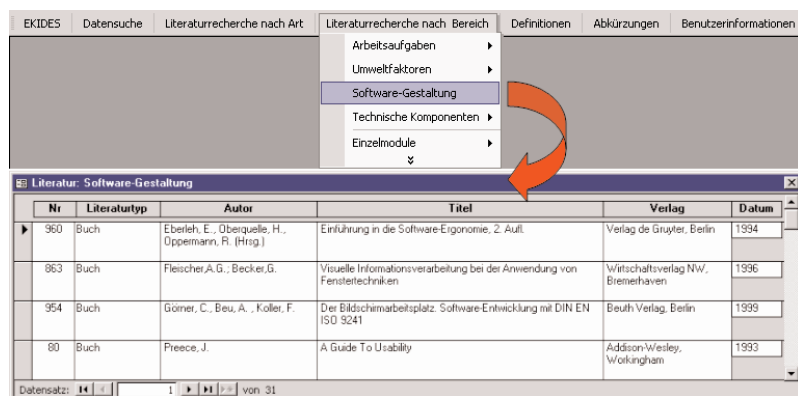


Abb.2: Literatursuche nach „Bereich“ in EKIDES

bis oder mindestens x) usw. erlaubt die entsprechende Sortierung (Filter) von Datensätzen und Darbietung der gesuchten Objekte.

BEISPIELE IN EKIDES

Die EKIDES-Benutzer haben mehr Möglichkeiten Daten zu suchen und zu finden. Die Datenbankstruktur ist schon im Hauptmenu sichtbar. Die Literaturrecherche nach dem Typ und dem Bereich im System erlaubt es, sowohl alle Europäische Normen (Abb.1) auf einen Blick zu bekommen (Suche nach dem Prinzip Maximum, Suche nach Literatur-Typ) als auch alle Literaturquellen, die mit dem Bereich (Thema) z.B. Softwareergonomie verbunden sind (Suche nach dem Prinzip Maximum, begrenzt mit dem Bereich-Software). (Abb.2). Noch präziser ist die Suche nach den Literaturstellen, die im Titel ein bestimmtes Wort haben.

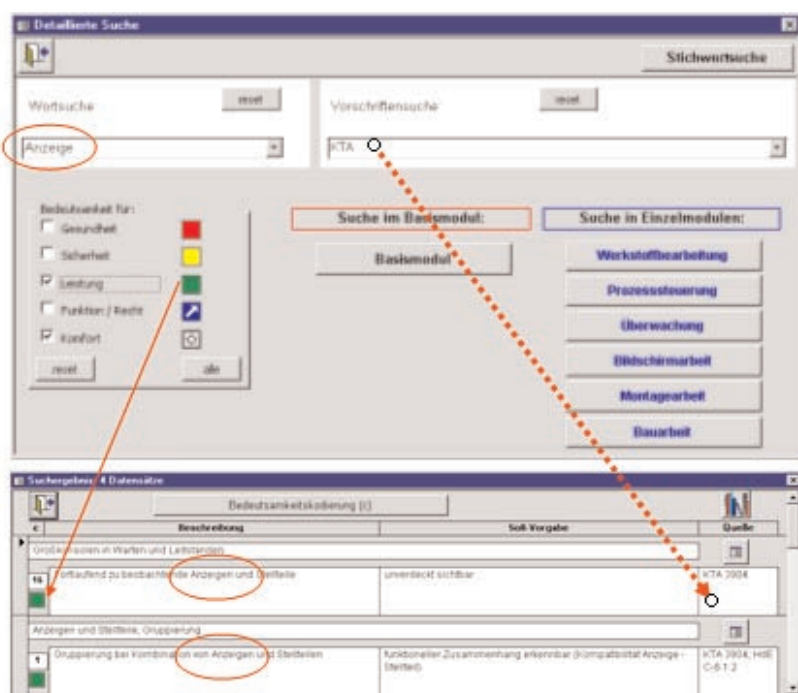


Abb.4: Detaillierte Suche nach „ergonomischen Anforderungen“ in EKIDES

Die Suche unter dem Prinzip Minimum ist in Ekides bei der Suche nach „Definitionen“ vorhanden. In diesem Fall

kann eine Definition des "Komforts" aus der Liste gefunden werden, oder alphabetisch, aus gefilterten Gruppen (Abb.3)

Die Ergonomischen Anforderungen in EKIDES sind in zwei großen Strukturgruppen (Basis- und Beratungsmodul) untergebracht, wobei die Datenblätter die tiefste, dritte Ebene des Systems bilden. Bei der Suche nach „Blättern“ können die Informationen, welche zu den einzelnen Themen gehören, gefunden werden. Da jede Anforderung nach der Relevanz für Gesundheit, Sicherheit, Leistung, Zuverlässigkeit und Komfort codiert ist, können die

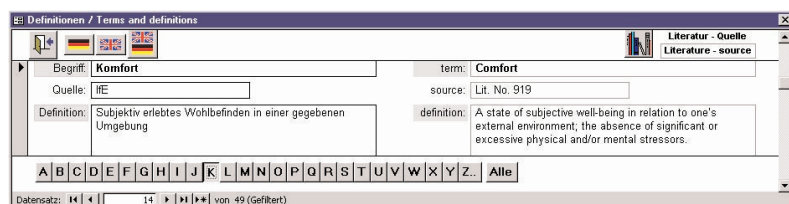


Abb.3: Ergebnis der Suche nach der Definition des Begriffs "Komfort" in EKIDES

Suchanforderungen auch nach dieser Datenstruktur im Basismodul und in jedem Element des Beratungsmoduls gefunden werden (Abb.4).

Die sehr detaillierte Begrenzung der Daten (nach dem Minimum Prinzip) kann allerdings zur frustrierenden Ergebnissen führen (Abb. 5), die beim Benutzer den Eindruck hinterlässt: "In diesem Datenbanksystem gibt es nichts zu finden!".



Abb.5: Ergebnis der Suche, die zu detailliert gestellt wurde

Solche Ergebnisse haben nichts mit dem „Komfort des Findens“ zu tun. Die am Anfang gestellte Frage verliert also nicht an ihrer Aktualität. Die Suche nach dem Optimum wird wohl noch eine Weile dauern.

Im vergangenen Jahr gab es einige personelle Veränderungen am Lehrstuhl. So waren zwei unserer Doktoranden gerüstet, die Karriereleiter weiter nach oben zu klettern und gleichzeitig die Chancen zu nützen bei großen deutschen Fahrzeugherstellern bzw. im europäischen Ausland ihr Wissen unter Beweis zu stellen.

Durch Erreichen der Altersgrenze trat unser Fachmann für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin seinen verdienten „Un-Ruhestand“ an.

apl. Prof. Dr. med. Dr.-Ing. habil.

Wilfried Diebschlag wirkte seit dem Jahre 1968 am Lehrstuhl und Institut für Arbeitsphysiologie, damals unter der Leitung von Prof. Dr. med. W. Müller-Limmroth. Nach Auflösung dessen Institutes kümmerte sich Prof. Diebschlag in unserem Lehrstuhl besonders um die Ausbildung und Unterrichtstätigkeit im Bereich der Oekotrophologie und trug zur Verbreitung ergonomischen Wissens durch unzählige wissenschaftliche Publikationen und öffentliche Vorträge bei.

Dr. phil. Oliver Sträter promovierte 1997 am Lehrstuhl mit dem Thema „Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit auf der Basis von Betriebserfahrung“. Von 1999 bis 2002 wirkte er als Assistent (Habilitationsstelle) an unserem Lehrstuhl und war Koordinator der Gruppe Systemergonomie (Blickbewegung und kognitive Verarbeitung, ergonomische Datenbanken, kognitive Modellierung, Unfallanalyse hinsichtlich menschlicher Fehler, kognitive Fehler). Er hielt Vorlesungen zur „Softwareergonomie“ und „Menschliche Zuverlässigkeit“. Seit 2001 ist er bei EUROCONTROL in Brüssel tätig.

PERSÖNLICHES



Dr.-Ing. Manfred Schweigert war von Februar 1998 bis November 2002 am Lehrstuhl als Doktorand tätig. Er gehörte zur Gruppe Systemergonomie und untersuchte Blickbewegungen und grundlegende Funktionen von Head-Up-Displays. Er ist nun bei BMW in München tätig und erhielt die Doktorwürde im Mai 2003.



Dipl.-Ing. Jörg Hudelmaier war von April 1997 bis Dezember 2002 am Lehrstuhl. In der Gruppe Anthropometrie/Menschmodellierung befasste er sich intensiv mit der Weiterentwicklung von RAMSIS sowie dem Umblickverhalten im Kraftfahrzeug. Auch er nahm die Chance wahr, bei BMW in München seine Kenntnisse weiter zu vervollkommen. Er unterzog sich erfolgreich am 10. Juli 2003 der Doktorprüfung.



Wir wünschen allen „Ehemaligen“ viel Freude und alles Gute für die Zukunft.

Impressum:

Herausgegeben vom
Lehrstuhl für Ergonomie
Technische Universität München
Boltzmannstrasse 15
85747 Garching
Tel. 089/ 289-15388
www.ergonomie.tum.de

Verantw. i.S.d.P.:
Prof. Dr. H. Bubb
Layout: Werner Zopf
Redaktion:
Dr. Herbert Rausch, Werner Zopf
Druck: Humbach & Nemazal, Pfaffenhofen
ISSN: 1616-7627

INTERNATIONALER ERGONOMIEKONGRESS 2003 IN MÜNCHEN (Rückblick)

Herbert Rausch



Mit dem internationalen Ergonomiekongress unter dem Titel "Arbeitswissenschaft - Qualität von Arbeit und Produkt im Unternehmen der Zukunft" vom 7. bis 9. Mai 2003 im Forumhotel München feierte die Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA) ihr 50-jähriges Bestehen. Mitveranstalter waren die International Society for Occupational Ergonomics and Safety (ISOES) und die dort gegründete Federation of European Ergonomics Societies (FEES). Die Chairs, Herr Prof. Dr. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München und Herr Prof. Dr. Helmut Strasser, Universität Siegen, begrüßten über 340 Teilnehmer aus 29 Ländern. Die 250 Referate und Fachdiskussionen wurden mit 34 Posterpräsentationen ergänzt. Dabei standen folgende Themen im Mittelpunkt, die die ganze Breite der Arbeitswissenschaft aufspannten:

PRODUKTERGONOMIE

- Anthropometrische Gestaltung
- Informationstechnische Gestaltung
- Komfort und Diskomfort
- Gestaltungswerkzeuge

PRODUKTIONSERGONOMIE

- Arbeitsplatzgestaltung
- Arbeitsumgebung und Arbeitsmittel
- Körperliche Arbeit (Muskelbelastung)
- Arbeitsplatzbewertung
- Arbeitsschutz und Unfallverhütung

ARBEIT UND ORGANISATION

- Kommunikations- und Informationsarbeit
- Arbeitszeit
- Leistungsbewertung und Motivation
- Organisationsformen (z. B. lean production und fraktale Fabrik)
- Wissensmanagement
- Management von Arbeitssicherheit und Systemzuverlässigkeit
- Qualitätsmanagement
- Qualifikation und Bildung

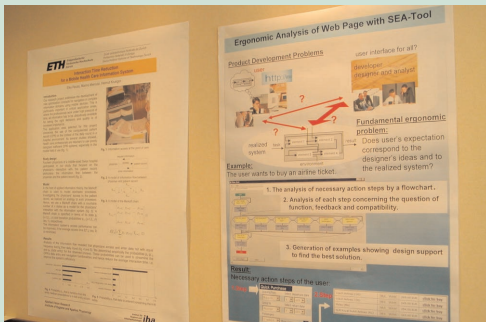
GESELLSCHAFTLICHE ASPEKTE

- Gesellschaftliche Wertung der Arbeit
 - Auswirkungen der Globalisierung
 - Erwerbslosigkeit
 - Demografische Einflüsse
 - Kulturelle und überkulturelle Faktoren
- und weitere Themen...

In seiner Rede hob der bayerische Staatsminister Eberhard Sinner die Bedeutung Bayerns und Münchens als Stadt der Wissenschaften für die Arbeitswissenschaften hervor. So hatte das bayerischen Staatsministeriums für Arbeit und Sozialordnung vor 50 Jahren zur Gründung der GfA nach Nürnberg eingeladen. Die starke Position der Münchner Arbeitswissenschaftler zeigt sich z. B. am hier mit entwickelten Menschmodell RAMSIS, der inzwischen über 60% Weltmarktanteil hält. Er wies auf die zunehmende Bedeutung der Arbeitswissenschaften hin, denn die komplexe Arbeitswelt, das Vordringen der Technik in den Haushalt und das zunehmende Verwischen der Grenzen zwischen Arbeit und Haushalt erfordert immer dringender Lösungen.

Die große Teilnehmerzahl und die rege Nachfrage nach den 1100-seitigen Tagungsbänden belegte das große Interesse und hohe fachliche Niveau der festlich harmonischen Konferenz.

INTERNATIONALER ERGONOMIEKONGRESS 2003 IN MÜNCHEN (Rückblick)



Die Organisationsmannschaft hatte allen Grund, den gelungenen Konferenzablauf zu feiern.

Warum stellen Sie die Kernkompetenz Ihres Unternehmens über die Internet-Plattform des Ergonomie Kompetenz Netzwerks nicht auch anderen zur Verfügung?

Profitieren Sie durch eine Mitgliedschaft im E.C.N. Der Eintrag in die ECN Kompetenzmatrix bietet Ihnen die kundenspezifische und passgenaue Vermittlung von Aufträgen entsprechend Ihrem Know-how. Ihre Kunden profitieren von den individuellen Lösungen und Dienstleistungsangeboten aus dem Kompetenzpool des E.C.N.



Rufen Sie uns an:
Ergonomie Kompetenz Netzwerk e.V.
c/o Lehrstuhl für Ergonomie der Techn. Universität München
Boltzmannstr. 15, 85747 Garching b. München
Tel.: 089 - 289 15425, <http://www.e-c-n.de>

ARBEITSGESTALTUNG UND ERGONOMIE - GOOD PRACTICE

über 30 Beispiele guter ergonomischer Gestaltung aus Produktion und Verwaltung. Mit umfangreichem Bildmaterial.

Konzipiert für

- ♦ Planer
- ♦ Personalfachleute
- ♦ Betriebsräte
- ♦ Entscheider

ISBN 3-935089-63-5, € 49,00

Im Buchhandel oder über:



ergonomia Verlag

Bruno-Jacoby-Weg 11, D-70597 Stuttgart, Tel.: 0711/7280473,
Fax: 0711/7280492, <http://www.ergonomia.de>



Publikationen

Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V.

Zukunft der Arbeitswissenschaft als Zukunft der GfA;
Herbstkonferenz in Kaiserslautern 1997; 81 Seiten, kostenlos

Kommunikation und Kooperation
44. Kongress in Bremen 1998, 125 Seiten, 8,00

Arbeitsschutz-Managementsysteme - Risiken oder Chancen ?
45. Kongress in Karlsruhe 1999, 390 Seiten, 12,00

Zukunft der Arbeit in Europa: Gestaltung betrieblicher Veränderungsprozesse
Herbstkonferenz in Hannover 1999, 421 Seiten inkl. CD-ROM, 12,00

Komplexe Arbeitssysteme - Herausforderungen für Analyse und Gestaltung
46. Kongress in Berlin 2000, 725 Seiten, 12,00

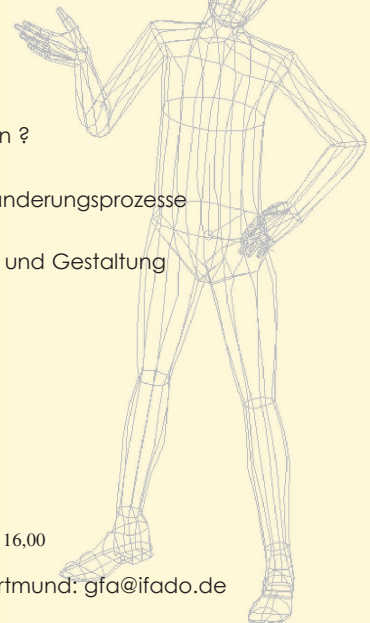
Arbeitsgestaltung Flexibilisierung Kompetenzentwicklung
47. Kongress in Kassel 2001, 557 Seiten, 15,00

Arbeitswissenschaft als Dienstleistung
Herbstkonferenz in Kiel 2001, 156 Seiten, 8,00

Arbeitswissenschaft im Zeichen gesellschaftlicher Vielfalt
48. Kongress in Linz 2002, 461 Seiten, 13,00

Ergonomie, moderne Bürokonzepte und Prävention
Herbstkonferenz in Ilmenau 2002, 185 Seiten, 13,00 , als CD 5,00 , als Paket 16,00

Über die Geschäftsstelle der GfA, Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund: gfa@ifado.de



UNSERE LEHRSTUHL ZEITUNG KÖNNEN SIE KOSTENLOS ABONNIEREN:

Teilen Sie uns Ihre vollständige Adresse bitte schriftlich (bitte lesbar) mit und Sie erhalten die nächste Ausgabe per Post zugestellt.

Auch für Beiträge oder Anregungen sind wir immer aufnahmebereit. Für Informationen zum Abdruck Ihrer Anzeigen rufen Sie uns an oder schreiben Sie an:

Lehrstuhl für Ergonomie
Technische Universität München
z. Hd. Herrn Werner Zopf
Boltzmannstrasse 15
85747 Garching

Tel.: 089 - 289 15 391 • Fax: 089 - 289 15 389
mail to: zopf@lfe.mw.tum.de
URL: www.ergonomie.tum.de